

Sous la direction de
Marie Bonnin
Sophie Lanco Bertrand

Planification spatiale marine en Atlantique tropical

D'une tour de Babel
à l'organisation d'une intelligence collective




Editions

Planification spatiale marine en Atlantique tropical

D'une tour de Babel à l'organisation d'une intelligence collective

Marie Bonnin et Sophie Lanco Bertrand (dir.)

DOI : 10.4000/books.irdeditions.44472
Éditeur : IRD Éditions
Lieu d'édition : Marseille
Année d'édition : 2023
Date de mise en ligne : 14 mars 2023
Collection : Synthèses
EAN électronique : 9782709929721



<https://books.openedition.org>

Ce document vous est offert par Institut de recherche pour le développement (IRD)



Référence électronique

BONNIN, Marie (dir.) ; LANCO BERTRAND, Sophie (dir.). *Planification spatiale marine en Atlantique tropical : D'une tour de Babel à l'organisation d'une intelligence collective*. Nouvelle édition [en ligne]. Montpellier : IRD Éditions, 2023 (généré le 16 mars 2023). Disponible sur Internet : <<http://books.openedition.org/irdeditions/44472>>. ISBN : 9782709929721. DOI : <https://doi.org/10.4000/books.irdeditions.44472>.

Légende de couverture

Pêcheur à Lamandare, Brésil (2019) | Paddle RISE

Crédits de couverture

© UBO/Sébastien Hervé

© IRD Éditions, 2023

Licence OpenEdition Books

RÉSUMÉS

Aménager les usages de l'espace marin pour réduire les tensions entre les activités humaines et la santé des écosystèmes marins, telle est la promesse de la planification spatiale marine. Le défi est d'ampleur tant les océans cristallisent aujourd'hui des intérêts toujours plus nombreux, variés et complexes, au carrefour d'enjeux de conservation de la biodiversité, de régulation du changement climatique, de développement économique et de sécurité alimentaire.

S'inscrivant dans le champ des sciences de la durabilité, cet ouvrage vise à explorer de manière interdisciplinaire les opportunités et les limites de la planification spatiale marine, actuellement développée dans des pays du Nord, dans de possibles déclinaisons tropicales, plus particulièrement au Brésil, au Sénégal et au Cabo Verde.

Face à un océan commun, les communautés d'acteurs doivent transcender les regards disciplinaires (partie 1 de cet ouvrage) et faire converger intelligences et connaissances pour avancer vers un but commun de durabilité. Le développement de cette intelligence collective dans les recherches sur les écosystèmes marins tropicaux se positionne dans le cadre d'enjeux locaux, étatiques et internationaux (partie 2) et s'appuie sur le développement d'outils interdisciplinaires et innovants (partie 3).

À l'usage des décideurs, des chercheurs, et plus généralement de tout usager des espaces marins, cet ouvrage met en lumière les points de vigilance à considérer lors de la mise en place d'une démarche de planification spatiale marine.

MARIE BONNIN (DIR.)

Marie Bonnin est juriste en droit de l'environnement, directrice de recherche à l'Institut de recherche pour le développement (IRD), membre de l'UMR Lemar. Elle s'intéresse à la protection de l'environnement marin par le droit. En poste à l'Institut universitaire européen de la mer (IUEM), elle a de nombreuses interactions avec des chercheurs en sciences naturelles et physiques. Après avoir travaillé sur la traduction juridique des recherches menées en écologie marine, elle s'intéresse désormais à l'applicabilité et l'effectivité des règles de droit protectrices de l'environnement. D'un point de vue géographique, elle a plus spécifiquement travaillé sur le droit de l'environnement marin en Afrique de l'Ouest, en collaboration avec des universités et des instituts de recherche du Sénégal, de Mauritanie et du Cabo Verde. Depuis quelques années, elle a étendu ses activités sur l'Atlantique tropical.

SOPHIE LANCO BERTRAND (DIR.)

Sophie Lanco Bertrand est écologue marine, directrice de recherche à l'Institut de recherche pour le développement (IRD), membre de l'UMR Marbec. Elle s'intéresse à la façon dont les oiseaux, les poissons, les mammifères et les pêcheurs occupent l'espace en mer, en utilisant notamment des techniques de *biologging* et des modèles d'écologie du mouvement. L'un des buts est d'évaluer si des règles d'aménagement des activités humaines en mer, comme la planification spatiale marine (PSM) par exemple, pourraient permettre une meilleure cohabitation entre les organismes marins et les hommes afin de garantir un équilibre durable des socio-écosystèmes marins. Elle a travaillé une quinzaine d'années sur les côtes péruviennes et sur l'écosystème du

courant de Humboldt et développe actuellement ses recherches dans l'Atlantique tropical.

NOTE DE L'ÉDITEUR

Reprise des illustrations : Eric Opigez

Liens externes et cartes HD : Laurent Pourinet et Brice Trouillet

SOMMAIRE

Remerciements

Introduction. Aménagement de l'espace marin dans l'Atlantique tropical

D'une tour de Babel à l'organisation d'une intelligence collective

Sophie Lanco Bertrand et Marie Bonnin

De la connaissance en silo vers l'intelligence collective

Des approches innovantes pour briser les silos

Ramener la nature dans la PSM

Partie I. Regards disciplinaires sur les écosystèmes marins dans les tropiques. Un préalable à la planification spatiale marine

Chapitre 1. Tendances et diversité des écosystèmes marins de l'Atlantique tropical

Arnaud Bertrand et Martin Zimmer

Introduction

Tendances générales des conditions océanographiques dans l'Atlantique tropical

Conclusion

Chapitre 2. Pollutions dans un monde liquide

Sources, devenir et conséquences pour la planification spatiale marine au Sénégal

Éric Machu, Timothée Brochier, Xavier Capet, Siny Ndoya, Ibrahima Sidiki Ba et Luc Descroix

Introduction

Les sources de pollution marine

Les risques pour l'écosystème

Rôle de la dynamique océanique dans le devenir des polluants

Conclusions et recommandations

Remerciements

Chapitre 3. Où sont et combien y a-t-il de poissons dans la mer ?

L'acoustique active pour évaluer les organismes marins

Anne Lebourges-Dhaussy

Intérêt de l'acoustique active

Méthode

Autres applications d'intérêt pour la PSM

Conclusion

Chapitre 4. Communautés locales et ressource globale

Le thon jaune (*Thunnus albacares*) au Cabo Verde

Périclès Silva, Ivanice Monteiro, Vito Ramos et Marie Bonnin

La pêche au thon jaune au Cabo Verde

L'importance du thon jaune pour les communautés locales : le cas de Sao Pedro

Conclusion

Chapitre 5. Cultiver la mer

Enjeux de la conchyliculture dans la planification spatiale marine

Philippe Soudant, Hilde Toonen, Patricia Mirella Da Silva, Rui Trombeta, Odeline Billant, Nelly Le Goïc, Adeline Bidault, Christophe Lambert, Aurélie Chambouvet, Fernando Queiroga-Ramos, Andrei Felix Mendes, Marie Bonnin et Hélène Hégaret

Introduction

Généralités sur la conchyliculture

La conchyliculture au Nordeste du Brésil

Pourquoi intégrer la conchyliculture dans la PSM ?

Conclusion

Chapitre 6. Pêche artisanale, changement climatique et défis scientifiques pour soutenir la planification spatiale marine

Yoann Thomas et Malick Diouf

Introduction

Impacts du changement climatique sur les pêcheries

Vulnérabilité de la pêche artisanale

Exemple de la pêche artisanale des coquillages au Sénégal

Défis d'une PSM impliquant la pêche artisanale

Partie II. La planification spatiale marine dans l'Atlantique tropical. Enjeux locaux, étatiques et internationaux

Chapitre 7. Outils juridiques de gestion de la zone côtière brésilienne

Une base pour la planification spatiale marine nationale ?

Katiuscia Da Silva Leite Noury et Florence Galletti

Gestion juridique de la côte : une action concentrée sur le « littoral »

La PSM au Brésil : des questions en suspens

Conclusion

Chapitre 8. Opportunités et limites de la planification spatiale marine au Sénégal

Ibrahima Ly, Odeline Billant, Fatou Ndiaye, Mohamed Diedhiou, Moustapha Ngaido, Mamadou Aliou Diallo, Mamadou Bassirou Ndiaye, Souleye Ndao et Marie Bonnin

Un cadre juridique favorable à l'institution de la PSM

Des défis nationaux à la mise en œuvre de la PSM

Conclusion : une priorité donnée au développement ?

Chapitre 9. Gouvernance, cadres institutionnels et juridiques de la planification de l'espace maritime

Études de cas dans l'Atlantique tropical

José Guerreiro, Ana Carvalho et Daniela Casimiro

Introduction

Cabo Verde

République du Sénégal

Brésil

Conclusion

Chapitre 10. Les enjeux informationnels de la planification spatiale marine

Les leçons tirées du cas des petites pêches artisanales au Sénégal

Brice Trouillet, Ndickou Gaye, Aïchetou Seck, Michel Desse, Awa Niang, Alexis Fossi, Thierry Guineberteau, Alioune Kane et Laurent Pourinet

Introduction

Planification spatiale marine et information géographique

Quelques enseignements : des enjeux informationnels présents de la fabrique à la diffusion

Chapitre 11. L'atlantisme dans l'Atlantique Sud

Communauté d'intérêts et gouvernance des océans

Juan Luis Suárez de Vivero, Etienne Villela Marroni, Juan Carlos Rodríguez Mateos, Eurico de Lima Figueiredo et Alexandre Rocha Violante

Introduction

L'Atlantique Sud comme scène géo-maritime

Politique et planification maritimes : Brésil et Afrique de l'Ouest

Conclusion

Partie III. Les outils de la planification spatiale marine. Naviguer vers l'interdisciplinarité et l'innovation

Chapitre 12. La planification spatiale marine dans les contextes pauvres en données

Croyez-en les Beatles, des diamants peuvent venir du ciel

Adrien Brunel, Alessandro Giorgis, Noé Bente, Gilles Domalain et Sophie Lanco Bertrand

Introduction

Matériels et méthodes

Discussion

Chapitre 13. Outils de gouvernance participative et délibérative pour la planification spatiale marine dans l'Atlantique tropical

Hilde Toonen, Pamela Backman-Vargas et Xander Keijser

Introduction

PSM, modes de gouvernance participative et délibérative

Un *serious game* : « MSP Challenge »

Cartographie participative, une évaluation qualitative des services des écosystèmes côtiers/marins basée sur l'art

Réflexions

Chapitre 14. Planification spatiale marine et usages récréatifs de la mer

La protection des sites de surf

Maurício Duarte Dos Santos, Solange Teles Da Silva et Carolina Dutra

Introduction

Le pilier social de la PSM

La dimension socioculturelle dans la PSM

Surf breaks : ressources naturelles, valeurs sociales et économiques

Initiatives de PSM et protection des sites de surf

Conclusion : la reconnaissance des usages des *surf breaks* dans l'agenda de la PSM

Chapitre 15. Forces et faiblesses des outils d'aide à la décision

Un exemple didactique sur l'archipel de Fernando de Noronha

Adrien Brunel et Sophie Lanco Bertrand

Introduction

Matériel et méthodes

Résultats

Discussion

Chapitre 16. L'interdisciplinarité en questions

Olivier Ragueneau

Introduction

Interdisciplinarité : de quoi parlons-nous ?

Obstacles et leviers pour une véritable interdisciplinarité

Implications pour la formation

Retour sur l'importance de la recherche inter- et transdisciplinaire

Glossaire

Liste des auteurs

Liste des acronymes

Remerciements

- 1 Les regards croisés sur la planification spatiale marine en milieu tropical présentés dans cet ouvrage sont issus d'un groupe d'experts sur la recherche, l'innovation et la politique scientifiques qui a bénéficié d'un soutien de l'Union européenne (H2020-MSCA-RISE-Paddle-734271).
- 2 Un grand nombre d'institutions, de projets partenaires et de personnes ont permis dans ce cadre l'organisation de mobilités de chercheurs, de séminaires, d'ateliers, d'écoles d'été, et de conférences, en somme les lieux d'un « remue-méninges » international et interdisciplinaire indispensable à cette thématique de recherche et qui a notamment permis d'aboutir à cet ouvrage.
- 3 À l'occasion de cette publication, nous tenons par conséquent à remercier ces contributions multiformes qui ont permis d'accompagner le montage et la gestion du projet Paddle, d'accueillir les chercheurs en mobilité et de soutenir l'organisation des événements du projet, d'appuyer financièrement l'organisation de l'école d'été et de la conférence finale.
- 4 Nos remerciements s'adressent aussi aux administrations qui ont participé aux différents séminaires du projet. Différentes structures de partenariat et campagnes d'observation ont également contribué à la bonne réalisation du projet. Les étudiants qui ont développé leurs travaux de master ou de thèse au sein de Paddle ont aussi largement contribué au projet par leur dynamisme et leur créativité. Enfin, cet ouvrage n'aurait pu terminer sa gestation sans les soins attentifs des collègues des éditions de l'IRD.

Introduction. Aménagement de l'espace marin dans l'Atlantique tropical

D'une tour de Babel à l'organisation d'une intelligence collective

Sophie Lanco Bertrand et Marie Bonnin

- 1 Les milieux marins et l'économie bleue sont devenus porteurs d'une formidable promesse de croissance à l'heure où les possibilités des milieux terrestres semblent épuisées. Parallèlement, les environnements marins sont déjà soumis à des pressions intenses et en constante augmentation (HALPERN *et al.*, 2008 ; 2015) telles que le trafic maritime, la demande croissante et l'évolution de l'occupation des sols dans les zones côtières, l'exploitation des fonds marins, le dragage ou l'extraction minière, la pêche, le tourisme, le développement des énergies renouvelables, etc. Par conséquent, les océans sont aujourd'hui au centre d'intérêts variés et complexes, à la croisée de la conservation de la biodiversité, de la régulation du changement climatique, du développement économique, de la sécurité alimentaire, etc. Au niveau européen par exemple, les milieux marins sont au cœur d'une part, de la nouvelle stratégie de croissance *Green deal* qui vise « une société équitable et prospère avec une économie moderne, économe en ressources et compétitive, où il n'y a pas d'émissions nettes de gaz à effet de serre en 2050, et où la croissance économique est découplée de l'utilisation des ressources » (COM, 2019) ; et d'autre part, de la stratégie en faveur de la biodiversité (COM, 2020) qui vise à stopper l'érosion de la biodiversité, à « ramener la nature dans nos vies » et à mettre la biodiversité européenne sur la voie de la reconstitution d'ici 2030, dans l'intérêt des personnes, du climat et de la planète. Cette volonté politique de compromis entre les usages humains et la préservation de la nature marque un tournant par rapport à la précédente feuille de route de l'Union européenne qui était uniquement axée sur l'économie et qui visait à maximiser la croissance bleue (COM, 2014).
- 2 Dans ce contexte politique, la planification spatiale marine (PSM) vise à concilier les demandes humaines et les besoins de conservation, et offre un cadre de réflexion et de décision, par le biais du zonage spatial, pour combiner différentes utilisations des

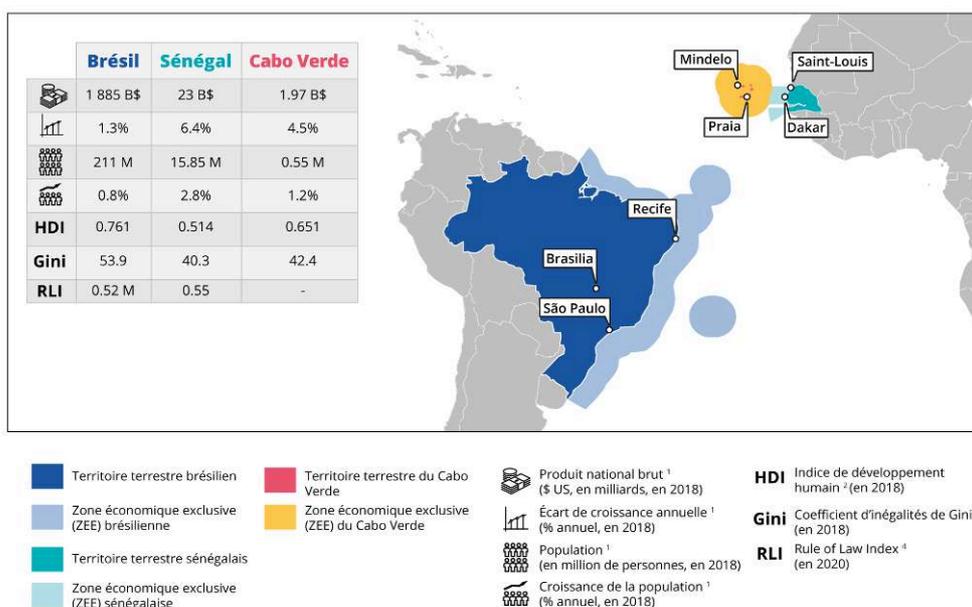
ressources marines dans un même espace (CRAIG, 2012 ; KOEHN *et al.*, 2013 ; EHLER, 2014). La PSM est souvent définie comme « un moyen pratique de créer et d'établir une utilisation plus rationnelle de l'espace marin et des interactions entre ses utilisations afin d'équilibrer les demandes de développement avec la nécessité de protéger l'environnement, et de fournir des aménagements sociaux et économiques de manière ouverte et planifiée » (EHLER et DOUVERE, 2009). Les premières PSM ont été mises en œuvre dans les pays du Nord dans les années 2000. Une solide expérience a été acquise en Europe, en Amérique du Nord et en Australie (voir par exemple, JAY *et al.*, 2013). Depuis juillet 2014, chaque État membre européen doit établir et mettre en œuvre des plans d'espace maritime (UE, 2014). Plusieurs pays européens ont déjà adopté des textes contraignants sur la planification de l'espace maritime (par exemple pour le Portugal, FERREIRA *et al.*, 2015).

- 3 La PSM reste un domaine de recherche très actif, car tout en offrant une vision prometteuse de la gestion des activités humaines dans les espaces océaniques, il n'est pas encore évident de voir si et comment elle peut prendre en compte un certain nombre de caractéristiques typiques des socio-écosystèmes marins. Les approches existantes de la PSM, par exemple, n'intègrent pas encore l'occurrence de surprises écologiques (KATES et CLARK, 1996 ; PAINE *et al.*, 1998 ; WILLIAMS et JACKSON, 2007), les approches non territorialisées, la société globalisée ou, à plus grande échelle, la vitesse des changements environnementaux dans le contexte de l'Anthropocène (GISSI *et al.*, 2019 ; COSENS *et al.*, 2021) qui véhicule beaucoup d'incertitudes sur la durabilité du fonctionnement des environnements côtiers et marins (MAES, 2008 ; WOLFF, 2015 ; LEENHARDT *et al.*, 2015 ; BENNETT *et al.*, 2015). Les cadres d'aménagement du territoire sont conçus pour des zones spécifiques, alors que les dynamiques sociales et naturelles n'ont pas de frontières. Les entreprises multinationales ont des stratégies à la fois mondiales et régionales, et les impacts environnementaux de leurs activités sont observés dans le monde entier, à de multiples échelles. Le changement global et l'évolution continue qu'il déclenche dans les écosystèmes marins remettent également en question la nature même d'une entreprise de planification qui implique de figer les règles du jeu pour une période donnée. En outre, une question cruciale se pose : comment la PSM sera-t-elle utilisée *in fine* ? La PSM vise-t-elle à garantir une utilisation des océans qui soit écologiquement et socialement durable ou plutôt à organiser le plus grand nombre d'utilisations possibles ? Ce processus apportera-t-il justice et équité entre les parties prenantes ou créera-t-il des gagnants et des perdants ? Certains auteurs (FLANNERY *et al.*, 2018) expriment d'ailleurs déjà depuis un certain temps de sérieuses préoccupations à ce sujet : « Il existe une inquiétude croissante au sujet de la PSM, dans le sens où elle pourrait ne pas faciliter un changement de paradigme vers une gestion des espaces marins guidée par l'intérêt public, mais pourrait simplement consister à travestir la dynamique des pouvoirs par une rhétorique participative afin de légitimer les agendas des acteurs dominants ». Une série de projets de recherche sur la PSM sont, ou ont été, développés en Europe (PLASMAN, 2008 ; TROUILLET *et al.*, 2011 ; QUEFFELEC, 2013) et ailleurs dans le monde (DAY, 2008 ; JAY *et al.*, 2013 ; EHLER *et al.*, 2019) pour aborder ces différents sujets.
- 4 Suite à ces premières mises en œuvre dans les pays du Nord, la PSM s'étend maintenant aux milieux tropicaux (système conventionnel de la Convention d'Abidjan, Union africaine et autres) dans le cadre d'un processus plus large qui vise à organiser l'exploitation des milieux marins et à concevoir des formes modernes de gouvernance

dans ces régions. Même si les pays du Sud sont encore très peu nombreux à s'engager formellement dans des processus de planification de l'espace maritime, un nombre croissant de gouvernements préparent les premiers documents politiques visant à concilier l'exploitation des ressources et la protection de l'environnement (voir par exemple, la stratégie marine du Cabo Verde¹ ou le plan brésilien de gestion intégrée des zones côtières). Pour accompagner cette démarche, et s'assurer que l'exploitation des ressources marines contribue de manière significative aux priorités politiques de réduction de la pauvreté et de la faim (SPALDING *et al.*, 2013 ; SALE *et al.*, 2014), il y a un besoin pressant de recherches sur les déclinaisons possibles de la PSM en zone tropicale. Un aspect crucial de ces questions de recherche repose sur le fait que le cadre politique initialement conçu pour l'Union européenne pourrait se révéler inadapté aux spécificités des pays du Sud. L'instabilité politique de certains pays, notamment en Afrique, et la puissance économique des entreprises transnationales affectent l'équilibre des forces aux tables de négociation de la PSM. Par exemple, la PSM pourrait ouvrir la voie à l'accaparement des océans, c'est-à-dire « la dépossession ou l'appropriation de l'utilisation, du contrôle ou de l'accès à l'espace ou aux ressources océaniques au détriment des utilisateurs antérieurs des ressources, des titulaires de droits ou des habitants » (BENNETT *et al.*, 2015 ; voir aussi WOLFF, 2015 ; FLANNERY *et al.*, 2016 ; QUEFFELEC *et al.*, 2021).

- 5 L'Atlantique tropical est un océan partagé qui relie des pays développés, émergents et en développement. L'exploitation de la mer par l'Homme s'est rapidement développée des deux côtés de l'Atlantique tropical au cours des dernières décennies. Les enjeux économiques et sociaux liés à l'exploitation pétrolière, à la pêche, à l'exploitation des fonds marins, à la sécurité alimentaire, etc. y sont importants. Les populations des pays riverains de l'Atlantique tropical ont en commun des liens historiques et économiques ainsi que des ressources naturelles. Ces pays partagent également certaines autres spécificités, telles que la rareté des données scientifiques longitudinales et une approche sectorielle de la gestion des océans. Dans le Nord-Est du Brésil et en Afrique de l'Ouest, la planification de l'espace marin en est encore à ses débuts (AGARDY, 2010 ; QUEFFELEC *et al.*, 2021). Pourtant, la propagation du processus de PSM aura un impact sur les politiques de gestion de l'espace océanique ainsi que sur les connexions entre les autorités politiques et administratives, les mesures légales, la société civile (locale et mondiale) et les résultats de la recherche en sciences naturelles. À ce stade précoce, l'analyse de la diffusion du processus de planification permet en amont à la recherche de mettre en lumière les opportunités et d'identifier les limites de la PSM pour l'Atlantique tropical.
- 6 Trois études de cas sont présentées dans cette introduction : le Sénégal, le Cabo Verde et le Brésil. Ces pays sont tous trois confrontés à des problématiques importantes en matière de pêche, de projets en cours ou à venir dans le domaine de la production d'énergie en mer, à un besoin crucial de maintenir la pêche artisanale et vivrière, et de négociation de l'exploitation de leur zone économique exclusive (ZEE) et de leur plateau continental avec d'autres pays (accords de pêche, exploitation pétrolière, parcs éoliens en mer). La conciliation des activités humaines en mer génère des défis communs et spécifiques selon les régions et leurs réalités respectives (fig. 1) et le partage des échecs et des réussites devrait apporter des éclairages fructueux.

Figure 1. Indicateurs géographiques, démographiques et socio-économiques illustrant les réalités contrastées du Sénégal, du Brésil et du Cabo Verde



Source :

¹ Banque mondiale, Brazil and Senegal profiles. World Development Indicators database ;

² PNUD, Human Development Data (1990-2018) ;

³ Banque mondiale, GINI index ;

⁴ World Justice Project, Rule of Law Index.

- 7 La PSM se veut un processus de décision collectif et rationnel qui implique une mobilisation d'ensemble des acteurs concernés, car son mécanisme est basé sur des informations transversales spatialement explicites (écologiques, légales, sociales, économiques, etc.). L'assimilation de la totalité des informations nécessaires à ce processus est un véritable défi. Elle doit dépasser la simple juxtaposition des perceptions et des capacités cognitives d'entités uniques (individus, États, institutions, etc.) – ce qui conduirait à une « tour de Babel » non opérationnelle – et fait naturellement appel à la transdisciplinarité et à un cadre d'intelligence collective. Une définition générique de l'intelligence collective ou « intelligence en essaim », couvrant à la fois les réalités animales et humaines, peut être formulée comme suit (KRAUSE *et al.*, 2010) : « Deux ou plusieurs individus acquièrent indépendamment, ou au moins partiellement, des informations et ces différents paquets d'informations sont combinés et traités par l'interaction sociale, ce qui fournit une solution à un problème cognitif d'une manière qui ne peut pas être mise en œuvre par des individus isolés ». MCCAULEY *et al.* (2019) ont choisi une méthodologie d'intelligence collective pour consolider un récit permettant de faire émerger une culture océanique. Ils attendaient de cette méthodologie « l'habilitation d'un groupe de personnes à agir comme un organisme cohérent et intelligent travaillant avec un seul esprit, plutôt que le leadership d'un collectif qui concevrait les orientations politiques ». Dans cette démarche, l'intelligence collective dessine un compromis entre les différentes orientations souhaitables et les institutions de gouvernance jouent alors le rôle de garants des valeurs de légitimité, d'équité et de justice dans le processus (COSENS *et al.*, 2021). Cette démarche est probablement le mécanisme le plus pertinent pour dépasser les points de vue personnels et transformer un objectif individuel, sectoriel en un objectif collectif. À ce

titre, la prise de décision dans le cadre des procédures de PSM nécessite de relever un premier défi, celui de trouver les moyens de capitaliser les connaissances en silo pour construire une intelligence collective.

- 8 Sur la base des trois études de cas susmentionnées, nous proposons ici de passer en revue (1) ce qui peut être capitalisé à partir des connaissances en silo existantes et les barrières structurelles qui peuvent entraver le chemin vers l'intelligence collective dans la PSM ; (2) les voies qui pourraient être empruntées pour surmonter ces obstacles et (3) comment donner une place à la nature pour qu'elle « revienne dans nos vies », en particulier à une table de négociation de la PSM alimentée par l'intelligence collective humaine ?

De la connaissance en silo vers l'intelligence collective

Capitaliser les connaissances en silo

- 9 Les socio-écosystèmes marins peuvent être appréhendés comme des systèmes complexes. Un système complexe est défini comme un ensemble d'un grand nombre d'entités en interaction, dont l'intégration produit une trajectoire globale. Les systèmes complexes sont caractérisés par des propriétés émergentes, distinctes de celles de leurs constituants, par l'existence d'interactions non linéaires, l'émergence de différents niveaux d'organisation, ou par leur comportement collectif non trivial (par exemple, états stationnaires multiples, bifurcations, phénomènes émergents, boucles de rétroaction). La conséquence de ces propriétés est qu'un observateur ne peut pas facilement, ni complètement, comprendre et anticiper les évolutions des systèmes complexes par intuition ou par calcul.
- 10 Aborder un système complexe tel que les socio-écosystèmes marins en découpant d'abord le problème en plusieurs morceaux ou « silos » disciplinaires est une prémisse naturelle et indispensable. Elle permet de comprendre en profondeur le fonctionnement des différentes composantes du système, la gouvernance qui les régit et leur évolution possible. Grâce à cette lecture en silos, nous pouvons par exemple souligner un écueil juridico-politique commun aux trois études de cas considérées ici autour de la question de la distribution des compétences (voir les contributions de GALLETI et DA SILVA LEITE NOURY : chapitre 7 ; LY *et al.* : chapitre 8 ; GUERREIRO *et al.* : chapitre 9 de cet ouvrage). Au Brésil, cette question complexe est liée à l'organisation fédérale avec de nombreuses compétences partagées entre les États et l'État fédéral. Au Sénégal et au Cabo Verde, les défis à surmonter émergent de la sectorisation des institutions et de l'absence d'une tradition de gestion intégrée de la zone côtière. Des différences entre les études de cas sont également mises en évidence et soulignent l'importance (1) des incitations suprarégionales en Afrique de l'Ouest, qui semblent être liées à l'émergence d'une préoccupation supranationale encadrée notamment par la Convention d'Abidjan sur la protection de l'environnement marin en Afrique atlantique (LY *et al.* : chapitre 8) et (2) des risques liés aux incohérences du système législatif brésilien qui pourraient contrarier la recherche d'un équilibre entre développement économique et protection de l'environnement (GALLETI et DA SILVA LEITE NOURY : chapitre 7). L'approche disciplinaire est également un prérequis nécessaire pour expliciter l'état des écosystèmes et leur dynamique (BERTRAND et ZIMMER : chapitre 1) et pour éclairer les enjeux spécifiques de certains secteurs d'activité, comme la

conchyliculture au Brésil (SOUDANT *et al.* : chapitre 5) ou la vulnérabilité de certains secteurs d'activité comme la pêche artisanale au Sénégal (THOMAS : chapitre 6).

- 11 La connaissance en silo permet ainsi une compréhension riche et kaléidoscopique des défis qui affectent les différentes facettes des socio-écosystèmes marins. Le risque cependant, lorsqu'on découpe la complexité en de nombreux morceaux, est de ne plus parvenir à penser les liens, les interactions, les imbrications entre les parties. Des silos peuvent ainsi émerger de visions disciplinaires si elles restent cloisonnées. Mais les silos peuvent aussi résulter d'un manque d'intégration entre les échelles. SUÁREZ DE VIVERO *et al.* (chapitre 11) montrent que dans l'Atlantique Sud – contrairement au bassin Nord – un puissant réseau d'intérêts communs n'a pas encore émergé et que la construction d'une communauté transatlantique sera un préalable essentiel à l'harmonisation des approches de PSM.
- 12 Il ne suffit pas de comprendre isolément les différentes parties des systèmes complexes, car ceux-ci se caractérisent notamment par l'existence de phénomènes émergents et de boucles de rétroaction qui font que la trajectoire des systèmes diffère de celle de la somme de ses parties, ce qui rend la prévision assez incertaine (voir par exemple, COSENS *et al.*, 2021). En outre, les impacts du changement climatique exacerbent la variabilité naturelle de ces systèmes, tant en termes de fréquence que d'ampleur, ce qui accroît l'incertitude. Par conséquent, cette structuration en silos de connaissances, qu'elles soient disciplinaires, sectorielles ou dépendantes de l'échelle, induit des limites cognitives qui peuvent entraver les possibilités d'aborder la trajectoire future et la durabilité des socio-écosystèmes marins.

Identifier les obstacles à une vision systémique de l'océan complexe

Enjeu de technicité et défi informationnel

- 13 La PSM s'efforce d'être un processus rationnel et fondé sur des preuves (PINARBAŞI *et al.*, 2017). Ainsi, ancré dans l'analyse des données, les outils d'aide à la décision (OAD) se sont avérés indispensables pour informer rationnellement le processus décisionnel. Les OAD prennent la forme d'outils spatialement explicites, impliquant des logiciels interactifs comprenant des cartes, des modèles, des modules de communication et des éléments supplémentaires qui peuvent aider à résoudre des problèmes à multiples facettes, trop complexes pour être résolus par la seule intuition humaine ou par des approches conventionnelles. Si ces outils permettent de soutenir la prise de décision de manière plus systématique et objective (PINARBAŞI *et al.*, 2017), ils ont également introduit une grande technicité dans le processus de sélection des scénarii de zonage des usages de l'océan. Comme l'illustrent BRUNEL et LANCO BERTRAND (chapitre 15) dans une étude de cas brésilienne, les résultats fournis par ces OAD peuvent être très sensibles au formatage des données d'entrée, aux paramètres des modèles, voire à la façon dont la question du zonage est formulée mathématiquement. L'équité dans le processus de négociation de PSM nécessiterait une mise à niveau technique minimale de toutes les parties prenantes sur la mécanique de ces OAD et sur la manière dont elle peut affecter les scénarios de zonage optimal à discuter. FOTSO (2019) fait la même observation : les OAD ont acquis un tel rôle critique dans le processus de décision de la PSM qu'il est nécessaire d'établir un cadre juridique clair garantissant que l'argument

de la technicité ne prenne pas le pas sur les valeurs de transparence, d'équité ou de justice dans les négociations.

- 14 Étant donné que les OAD et les données spatialement explicites qu'ils requièrent sont devenus centraux dans le processus de PSM, TROUILLET *et al.* (chapitre 10) mettent en lumière l'émergence d'un « défi informationnel » : le simple fait de disposer de données, idéalement spatialement explicites, sur son activité procure à un acteur un avantage indéniable dans le processus de négociation. En prenant l'exemple de la pêche artisanale sénégalaise, ces auteurs questionnent le rôle de l'information géographique et des géo-technologies associées dans la PSM dans le but d'identifier les principaux points de vigilance à considérer, notamment dans les pays en développement ou émergents où les données sont souvent rares.

Une vision anthropocentrée des relations homme-nature

- 15 Les sociétés humaines sont liées aux environnements marins de diverses manières : elles vivent à proximité, elles y voyagent/transportent, elles en extraient, elles en dépendent. Pourtant, elles ne vivent pas à proprement parler dans cet environnement à trois dimensions, de sorte que l'approche reste le plus souvent assez utilitaire et définitivement anthropocentrée. La vision principale est une lecture économique basée sur l'activité (par exemple, la formidable promesse de la croissance bleue), où le milieu marin est un fournisseur de ressources, ou même, comme l'illustrent bien MACHU *et al.* (chapitre 2) un exutoire négligé pour les externalités négatives des activités terrestres, comme la pollution au Sénégal. Le paradigme d'un océan immense, d'une mer capable de « nourrir les hommes » tout en « mangeant leurs déchets », perdure malgré toutes les preuves scientifiques du contraire qui s'accumulent depuis des siècles.

La course de la Reine Rouge imposée par le changement climatique

- 16 L'océan est fortement touché par les effets du changement climatique dû aux émissions de CO₂ et d'autres gaz à effet de serre provenant des activités humaines : changements de la température de l'eau, acidification et désoxygénation des océans, entraînant des modifications de la circulation et de la chimie océanique, une élévation du niveau des mers, une augmentation de l'intensité des tempêtes, ainsi que des changements dans la diversité et l'abondance des espèces marines. Ces effets se combinent avec l'hystérésis – propriété d'un système dont l'évolution ne suit pas le même chemin selon qu'une cause externe augmente ou diminue – et qui est assez répandue dans le fonctionnement des systèmes marins (voir par exemple FAUCHALD, 2010 ; BLACKWOOD *et al.*, 2012 ; GARBE *et al.*, 2020). En conséquence de cette non-stationnarité fondamentale, de la non-linéarité et de la grande incertitude des trajectoires futures des socio-écosystèmes marins soumis aux effets du changement climatique, les acteurs et les institutions de gouvernance devront relever le défi d'une adaptation constante. Comme l'indique RODDIER (2012), l'humanité serait engagée dans une course où plus elle dissipe efficacement de l'énergie, plus elle modifie rapidement son environnement, plus elle doit acquérir rapidement des informations sur cet environnement – ce qui à son tour dissipe de l'énergie – afin d'évoluer en conséquence et ainsi rester adaptée à celui-ci. C'est un cas typique du paradoxe de la course de la Reine Rouge dans *Les aventures d'Alice au pays des merveilles* (CARROLL, 1865) : « Maintenant, ici, tu vois, il te faut courir le plus vite que tu

peux pour rester au même endroit. Si tu veux aller ailleurs, tu dois courir au moins deux fois plus vite que ça ! ».

Des approches innovantes pour briser les silos

Vers une gouvernance basée sur l'impact

- 17 L'interaction avec un système complexe est un défi, car elle introduit une tension entre la nécessité d'agir et le fait que nous ne comprendrons jamais que partiellement le système. Cette interaction avec des systèmes complexes est néanmoins pratiquée dans de nombreux domaines de la vie. La médecine en fournit un exemple essentiel. Face à un problème (une maladie), un praticien va, sur la base des connaissances établies, proposer une intervention (un traitement) pour le patient. La pertinence du traitement sera évaluée par le suivi clinique du patient, et réajustée jusqu'à ce que l'objectif d'amélioration de la santé du patient soit atteint. En d'autres termes, un processus adaptatif, dynamique, basé sur l'évaluation constante des impacts des actions et leur réajustement permanent, est utilisé pour atteindre les objectifs de survie et de bien-être. Il n'y a pas de garantie absolue que l'objectif de bonne santé sera atteint, mais les chances d'amélioration seront maximisées par cette rétroaction clinique continue.
- 18 Dans le cadre de la gouvernance des océans, qui régit nos interventions dans les systèmes complexes que sont les socio-écosystèmes marins, nous n'adoptons pas encore vraiment ce schéma d'intervention. Le diagnostic est là : comme ailleurs sur la planète, la biodiversité s'érode à un rythme sans précédent (IPBES 2019), les ressources s'épuisent (JACKSON *et al.*, 2001 ; MYERS et WORMS, 2003), et les tensions entre usagers pour l'accès aux espaces et aux ressources s'intensifient (FLANNERY *et al.*, 2016 ; QUEFFELEC *et al.*, 2021). Nous mettons en place des politiques pour mettre en œuvre des interventions en réponse à ces « maladies » des socio-écosystèmes. Cependant, le « suivi clinique », c'est-à-dire l'évaluation continue de l'impact de ces remèdes, leur éventuelle remise en cause et le réajustement du traitement, fait encore défaut. L'analogie médicale ci-dessus montre clairement que la valeur que nous accordons à la vie humaine ne nous permet pas de prendre le moindre risque quant au traitement choisi, et c'est pourquoi l'évaluation clinique dynamique et adaptative est si fondamentale dans cette science. « Augmenter la valeur accordée à la protection et à la restauration des écosystèmes naturels », comme le propose l'Union européenne par exemple, nécessite donc, entre autres, une transition de nos instruments de gouvernance des océans vers des procédures dynamiques, réajustées en permanence en fonction des impacts observés. Bien que la nécessité de cette transition ait déjà été identifiée (voir par exemple, DOUVERE et EHLER 2011), nous utilisons encore en pratique des cadres dans lesquels nous fondons les décisions de gouvernance sur des vues instantanées et statiques des océans.
- 19 Dans le cas de la PSM, les OAD visent à renseigner une partition de l'espace marin, avec des règles d'accès et d'usage distinctes, permettant d'atteindre des objectifs fixés pour le bien-être humain (moins de conflits) et/ou pour la biodiversité (maximiser la conservation tout en minimisant les impacts négatifs sur les activités humaines). Cependant, chaque OAD mobilise des représentations partielles des socio-écosystèmes : synthèses des visions des acteurs (Seasketch), représentations statiques des socio-écosystèmes pour optimiser l'architecture des aires marines protégées (Marxan ou prioritizR), modèles dynamiques de l'environnement (Atlantis, ISIS-fish) expliquant

une petite ou grande partie des mécanismes qui font évoluer le système. Chacune de ces approches a des points forts, mais aucune n'est capable (1) de rassembler les points de vue de différentes cultures disciplinaires (par exemple, océanographie, écologie, économie, sociologie, sciences politiques) et les représentations des différents acteurs impliqués dans ces mesures, (2) d'anticiper la dynamique et l'évolution à court terme du système sous différents scénarios de gouvernance ou de changement global, et (3) de fournir une représentation transparente des effets des incertitudes (sur les données, sur les processus, sur les effets du changement global) et de la multiplicité des objectifs concurrents sur le scénario simulé. Pourtant, dans le monde liquide tridimensionnel de l'océan, les changements naturels et anthropiques sont rapides et permanents et se produisent dans des domaines distincts (côtiers, au large, en surface et en profondeur), mais interconnectés. Par ailleurs, aucune procédure de retour d'expérience formelle et/ou standardisée n'est réellement mise en œuvre pour assurer l'examen périodique de l'efficacité de ces outils de zonage et réajuster, en fonction des effets observés, leur taille, leur architecture ou d'autres propriétés (par exemple, la rigueur ou non des interdictions, le caractère pérenne ou temporaire de la zone protégée). Quelle chance avons-nous vraiment de « ramener la nature dans nos vies océaniques » avec l'application de ces traitements sans aucun « suivi clinique » formel de leurs effets ?

- 20 Pour remédier à ces limites et mieux se protéger des risques qu'elles impliquent, il faut imaginer une nouvelle relation entre la gouvernance et les socio-écosystèmes marins, une relation capable d'intégrer une évaluation continue de l'impact de ses actions et qui sache réviser en permanence ses modes d'action en fonction des effets observés. En d'autres termes, il s'agit de passer d'une gestion où les objectifs sont les moyens, comme c'est le cas actuellement, à une gestion où les objectifs sont les fins. Des outils et des protocoles doivent donc être mis en place pour faire fonctionner ce type de boucle de rétroaction adaptative.

Développer de nouveaux types d'observations

- 21 Les outils, les modes de traitement des données ou leur représentation peuvent contribuer à enrichir et décloisonner la vision kaléidoscopique que nous avons des socio-écosystèmes marins. *LEBOURGES DHAUSSY* (chapitre 3) illustre par exemple comment les données de relevés acoustiques, qui ont été mis en œuvre dans de nombreux pays du Nord et du Sud dans le but premier d'évaluer la taille des stocks de poissons exploités, peuvent aujourd'hui être utilisées pour documenter les écosystèmes dans leur ensemble. *BRUNEL et al.* (chapitre 12) fournissent un exemple, tiré d'une étude de cas brésilienne, de la manière dont les données de Google Earth peuvent être utilisées pour quantifier, de manière spatialement explicite, les indicateurs des activités anthropiques sur le littoral et la puissance de pêche potentielle par le biais du comptage des navires. Un atlas des règles juridiques s'appliquant sur le milieu marin sénégalais a également été réalisé dans le cadre du projet Paddle (Planning in a liquid world with tropical stakes). Une étude (*LE TIXERANT et al., 2020*) sur l'utilisation de cet atlas a mis en évidence comment, en rendant lisibles des règles juridiques complexes, cette lecture géographique a un impact sur les autorités administratives.

Construire l'interdisciplinarité

- 22 La nécessité de l'interdisciplinarité est souvent affirmée. Pourtant, elle est rarement mise en pratique à grande échelle. RAGUENEAU (chapitre 16) propose de se pencher sur ce paradoxe, en revisitant les différentes approches permettant l'interaction entre les disciplines (multi, inter ou transdisciplinarité), en illustrant pourquoi il est essentiel de la mettre en œuvre pour appréhender les systèmes complexes, et en identifiant les conditions qui permettraient son émergence. L'urgence de l'interdisciplinarité ne concerne pas seulement les domaines scientifiques. PETTORELLI *et al.* (2021) ont illustré comment il est temps d'intégrer les agendas scientifiques et politiques du changement climatique global et de la biodiversité.

Réintégrer les communautés locales dans une gouvernance participative

- 23 Bien que souvent peu représentées dans les processus de PSM, les communautés locales sont essentielles en tant qu'acteurs de la dynamique du socio-écosystème, et en tant que cible ultime des politiques au niveau national. SILVA *et al.* (chapitre 4) donnent ici un aperçu de ces interactions entre communautés locales et ressources globales à travers l'exemple de la pêche au thon albacore au Cabo Verde. TOONEN *et al.* (chapitre 13) décrivent pour leur part comment les jeux sérieux et la cartographie participative peuvent améliorer la participation du public à la définition de nouvelles règles de gouvernance. Enfin, DUARTE *et al.* (chapitre 14) rapportent une nouvelle expérience de gestion collective à travers la création de réserves dédiées à des usages récréatifs, comme le surf. Ces initiatives vont dans le sens envisagé par COSENS *et al.* (2021) : développer des processus ascendants, innovants et collaboratifs, facilités par des objectifs clairs établis par le gouvernement « pour résoudre les compromis entre les parties prenantes et relier les connaissances locales et indigènes au système biophysique, permettant une adaptation aux résultats émergents de la complexité ».

Les promesses de l'intelligence artificielle

- 24 Depuis quelques années, l'intelligence artificielle (IA) révolutionne notre façon d'aborder l'analyse de l'information et la simulation des systèmes. Elle adopte une approche qui imite algorithmiquement l'intelligence naturelle, et nous permet ainsi d'envisager de nouvelles façons, peut-être plus opérationnelles, de traiter numériquement des systèmes complexes. Les méthodes d'IA impliquant des algorithmes d'apprentissage profond ont la particularité d'être capables d'apprendre par le biais de leur propre traitement des données. En d'autres termes, les algorithmes d'apprentissage profond peuvent se nourrir de données brutes et identifier de manière autonome l'ensemble des métriques et des variables dérivées qui décrivent et simulent le mieux le comportement du système étudié.
- 25 L'IA, avec l'apprentissage profond, est au cœur du concept de jumeau numérique qui a vu le jour dans l'aéronautique, puis qui s'est étendu à l'industrie pour émerger aujourd'hui en force dans de nombreux domaines scientifiques, dont ceux liés à l'océan. Le jumeau numérique peut être compris comme une empreinte virtuelle d'un système réel, qui évolue dans le temps en parallèle avec le système réel grâce à son alimentation

en données collectées en continu *via* des capteurs. Le jumeau numérique « apprend » par lui-même à ressembler au système réel en utilisant les données fournies au départ et acquises en continu, mais aussi en intégrant des connaissances spécialisées ou en s'inspirant d'autres systèmes réels au fonctionnement similaire. Le jumeau numérique devrait être capable de prédire les états du système, dans un délai suffisamment court pour être compatible avec la prise de décision. Ces jumeaux devraient également fournir une représentation du même système sous différents angles, facilitant ainsi les dialogues interdisciplinaires et l'intégration des connaissances entre, par exemple, les sciences naturelles et humaines.

Ramener la nature dans la PSM

- 26 Le défi de redonner à la nature la place qui lui revient dans des procédures telles que la PSM est à la fois important et urgent. Comment relever ce défi ? Comment l'intégrer de manière pratique dans les mécanismes de gouvernance des océans ? Loin d'avoir une feuille de route claire et définitive sur ce sujet, nous proposons néanmoins ici quelques pistes conceptuelles et pratiques pour initier une avancée dans cette direction.

Reformuler le problème : et si nous invitions *Bartleby* à la table des négociations ?

- 27 En droit, la séquence « éviter, réduire, compenser » est reprise dans plusieurs législations nationales. En France, depuis 1976 (L122-3 du Code de l'environnement), il est précisé que dans tout projet d'aménagement on doit éviter toute atteinte à l'environnement, réduire les impacts qui n'ont pu être évités et compenser les dommages qui n'ont pu être évités ou réduits. En Europe, cette séquence est un objectif de la directive 2011/92/UE du 13 décembre 2011 (article 5-b, cf. UE, 2011). Cette séquence est également incluse dans le *Green Deal*. Le *Green Deal* est une feuille de route pour rendre l'économie européenne durable en transformant les défis climatiques et environnementaux en opportunités dans tous les domaines politiques et en assurant une transition juste et inclusive pour tous. À cette fin, l'exposé des motifs accompagnant chaque proposition législative et chaque acte délégué comprendra une section spécifique expliquant comment chaque initiative respecte ce principe. Malheureusement, les gestionnaires de projet et les instances de gouvernance sont généralement prompts à oublier la première étape, qui consiste à éviter avant tout la création d'une externalité négative. C'est en partie ce qui a conduit VAROUFAKIS (2020) à considérer que « Le *Green Deal* de l'Union européenne est une énorme manœuvre de *greenwashing* ».
- 28 *Bartleby* est le titre d'un court roman publié en 1856 par Herman Melville. *Bartleby* est engagé par un notaire en tant que clerc pour copier des documents. Au fil du temps, cet homme, qui s'était d'abord montré travailleur et consciencieux, commence à refuser le travail demandé en rétorquant simplement « J'aimerais mieux ne pas le faire ». Cette histoire a longtemps fasciné les philosophes, qui ont été nombreux à la commenter (Deleuze, Derrida, Blanchot, Zizek, Lordon ; voir BERKMAN, 2011). Incarnation de la résistance passive, ce roman met en lumière « le pouvoir de ne pas faire » (EGO, 2011). Dans l'espace public d'aujourd'hui, une posture « à la *Bartleby* » pourrait consister à

cesser les activités qui ne créent rien de véritablement nouveau et/ou utile, et ainsi marquer le point de départ d'un autre monde.

- 29 Plus concrètement, dans le cadre de la PSM, il est temps de mettre en place les outils permettant de documenter objectivement ce qui pourrait être gagné en renonçant à certaines activités humaines. Les OAD, ainsi que les évaluations stratégiques d'impact, devraient inclure des protocoles formels permettant de prendre en compte, d'évaluer et de peser le pour et le contre de l'interdiction de l'activité humaine dans certaines zones marines. Les OAD, qui sont aujourd'hui largement utilisés pour la sélection systématique de réserves, comme Marxan par exemple, sont formulés mathématiquement de telle sorte que des objectifs minimaux de maintien de la biodiversité sont fixés (par exemple maintenir « au moins 50 % de la biodiversité actuelle »), puis l'architecture des zones protégées qui maximisera le maintien et/ou le développement des activités humaines est recherchée. Inviter Bartleby à la table de la PSM pourrait aussi signifier inverser la charge d'effort dans ces formulations d'optimisation mathématique : fixer un niveau d'activité humaine considéré comme indispensable, la biodiversité à maximiser étant le degré de liberté d'optimisation.

Questionner certains « axiomes » pour imaginer de nouvelles solutions

- 30 Dans ses différents ouvrages, la philosophe de l'environnement Virginie Maris a proposé un certain nombre d'éclairages essentiels sur le rapport de nos sociétés à la nature (MARIS, 2010 ; 2014 ; 2018). Elle a notamment mis en évidence comment un certain nombre de notions présentées comme axiomatiques minent notre capacité à repenser et réinventer notre rapport à la nature. Nous empruntons et retranscrivons ci-dessous certains éléments de cette réflexion et tentons d'identifier les manières dont ils pourraient être utiles dans le contexte des démarches de PSM.

Vers des méthodes de gestion moins réductionnistes et plus intégratives

- 31 La notion de services écosystémiques a dans un premier temps été une stratégie argumentative pour requalifier la nature et sa protection en des termes audibles par les tenants de la sphère économique. Cette notion a tellement séduit les entrepreneurs, les décideurs et les scientifiques que la stratégie argumentative a fini par devenir un pseudo-axiome. La notion de services écosystémiques a pour corollaire immédiat l'évaluation de ces services. Les économistes ont alors adopté divers outils méthodologiques pour rendre visibles des valeurs qui étaient souvent cachées. Ces outils ont fait l'objet de nombreuses critiques tant d'un point de vue méthodologique que conceptuel. D'une manière générale, le principe même de quantification, inhérent aux évaluations monétaires, présuppose, sans presque jamais l'énoncer explicitement que les différentes valeurs de la nature sont réductibles à leur seule dimension instrumentale, peuvent être exprimées dans une unité commune, et deviennent alors incidemment substituables (ce qui donne lieu à la notion de compensation). En adoptant le registre économique, d'abord de manière métaphorique, puis de manière très concrète en laissant les logiques de marché s'infiltrer de plus en plus profondément dans les politiques publiques de protection de la nature, nous avons ouvert la voie à une dissolution de la nature dans la sphère économique. Dans une logique de maintien du capital naturel et des services écosystémiques associés, les

décideurs sont encouragés à se concentrer uniquement sur les valeurs instrumentales de la nature, c'est-à-dire à ne protéger les milieux naturels que dans la mesure des bénéfices qui peuvent en être tirés.

- 32 Une vision alternative, et particulièrement pertinente pour la PSM, consiste à impliquer les populations locales pour faire de la protection de la nature un levier de réduction de la vulnérabilité des communautés humaines (voir par exemple DIAZ *et al.*, 2018 ; LINDQUIST, 2017). Préserver le caractère naturel d'un site n'implique certainement pas d'exclure tout usage, mais seulement de s'assurer que les activités humaines ne perturbent pas la trajectoire de l'écosystème dans son ensemble. La préservation peut ainsi servir de rempart pour protéger des cultures et des modes de vie menacés par les multiples projets répondant à la logique néolibérale de croissance économique et de compétition entre les peuples et les territoires. À cet égard, les réserves extractives existant dans la législation brésilienne (Resex, espaces territoriaux protégés dont l'objectif est de protéger les moyens de subsistance et la culture des populations traditionnelles, ainsi que d'assurer l'utilisation durable des ressources naturelles de la zone) constituent un cadre intéressant qui pourrait être exploré dans le contexte des espaces marins.

Situation de référence, ligne de base glissante et principe de non-régression

- 33 La conservation de la nature, notamment avec l'émergence de la notion de ré-ensauvagement (NOGUÉS-BRAVO *et al.*, 2016 ; PERINO *et al.*, 2019), est confrontée au problème de la définition d'états de référence spatiaux et temporels sur lesquels fonder des objectifs de restauration. Il est difficile, voire impossible, d'identifier ce que serait un « état de référence naturel », tant nous sommes affectés par le syndrome de la référence glissante (PAULY, 1995) et l'amnésie environnementale qu'il engendre. Ceci est particulièrement vérifié dans les environnements marins où l'observation directe est assez difficile. Inviter la nature à revenir à la table de la PSM, par le biais du ré-ensauvagement de certaines zones, ne signifie pas nécessairement passer par la restauration active des conditions écologiques sauvages avec la réintroduction d'espèces par exemple. Cela peut signifier des attitudes beaucoup moins intrusives qui combinent la notion de ré-ensauvagement avec la notion de lâcher-prise afin de cibler l'établissement d'une nature férale (SCHNITZLER et GENOT, 2020). Dans cette perspective, les gestionnaires ne devraient pas essayer de fabriquer la nature, mais plutôt de l'accompagner dans son parcours, de réparer les dégâts ici et là pour qu'elle puisse reprendre son chemin, de supprimer certains pièges et de démêler ses entraves.
- 34 En droit, l'application du principe de non-régression (PRIEUR, 2012) serait fondamentale pour accompagner une telle démarche au sein de la PSM. Ce principe implique que nous ne revenions pas sur notre engagement envers les résultats de la conférence des Nations unies sur l'environnement et le développement qui s'est tenue à Rio en 1992. Afin d'évaluer si une nouvelle règle ou la modification d'une ancienne règle est régressive, un chapitre spécial devrait être inclus dans l'étude d'impact du projet de loi ou du décret pour démontrer la non-régression sur la base d'indicateurs scientifiques et juridiques pertinents de l'état de l'environnement. Actuellement, il n'en existe pas de traduction juridique au Sénégal et en Afrique de l'Ouest. Mais il est certain que ce principe est mis à mal au Brésil par une politique de croissance définitivement coupée du processus de protection de l'environnement. Un des exemples est la ré-autorisation de plusieurs centaines de pesticides interdits dans la législation brésilienne par

l'exécutif actuel (voir par exemple BRAGA *et al.*, 2020). En Europe, les pays accordent plus ou moins d'importance à ce principe. Ce dernier a été reconnu, car l'environnement étant devenu un droit de l'homme, il pouvait bénéficier de l'intangibilité des droits de l'homme.

Surmonter l'opposition nature/culture dans les écosystèmes marins

- 35 Différentes perspectives anthropologiques (Lévi-Strauss, Descola, Pignocchi) nous ont alertés sur le fait que la question de la relation entre les humains et la nature sera probablement la plus cruciale à l'avenir. Elles ont décrit la façon dont les humains perçoivent l'environnement qui les entoure comme leur manière de « composer » le monde. Les sociétés dites occidentales composent le monde sur la base de l'opposition entre nature et culture, ce qui est le ferment d'une vision strictement utilitaire des écosystèmes naturels en général et marins en particulier. L'enjeu d'une transition consiste alors à transformer notre vision utilitariste et anthropocentrée du monde en une vision fondée sur la reconnaissance de la valeur intrinsèque des écosystèmes marins. Dans cette nouvelle vision, la définition de la gouvernance des espaces marins dépasserait le seul objectif de maintien des fonctions exercées ou des services rendus par les écosystèmes pour reconnaître que la préservation d'espaces marins et d'êtres vivants sains est un axiome qui n'a pas besoin de justification, au même titre que le bien-être humain. Dans un tel paradigme par exemple, la notion de compensation perd toute pertinence : si l'on accepte l'axiome selon lequel un être humain ne peut en aucun cas être remplacé par un autre être vivant, alors tout être vivant devient également irremplaçable.
- 36 Les prémisses d'un tel changement de paradigme émergent de toutes parts, en science, en éthique environnementale et en droit. L'hypothèse Gaïa développée par l'environnementaliste James LOVELOCK (1979) revisite la relation homme-environnement. Au lieu de considérer la Terre comme un univers où coexistent des êtres vivants, elle part de l'idée que la Terre est en soi un méta être vivant. Les flux, les organes et les tissus doivent être intègres et fonctionner ensemble. Dans le domaine du droit, la proposition d'accorder une personnalité juridique à la nature ou à ses éléments constituerait également une étape déterminante pour « ramener la nature dans nos vies » (HERMITTE, 2011). Aux frontières des sciences de l'écologie et de la géographie (MATHEVET *et al.*, 2010 ; MATHEVET, 2012), la notion de « solidarité écologique » s'est développée, pour inspirer la législation des parcs nationaux en France depuis 2006, et celle de 2016 sur la biodiversité. La solidarité écologique se définit comme « le concept qui reconnaît l'étroite interdépendance des êtres vivants entre eux et avec les milieux naturels ou aménagés ». Ce concept met également l'accent sur la « communauté de destin » entre l'homme, la société et son environnement, en intégrant la coévolution des sociétés humaines et de la nature à travers l'utilisation de l'espace et des ressources naturelles. Il se décline en une solidarité écologique d'action où les habitants, usagers et visiteurs des différents espaces, jugent leurs actions ou non-actions en fonction de leurs conséquences sur les composantes de la communauté. Traduits en PSM, ces concepts peuvent remettre en question l'objectif générique actuel du processus (résoudre les conflits pour satisfaire au mieux chacune des parties prenantes) et suggèrent une transition vers un autre type de pacte, où les parties prenantes

prendraient des décisions en fonction de l'évaluation des impacts de leurs actions et non-actions sur les socio-écosystèmes marins avec lesquels elles ont choisi de vivre.

BIBLIOGRAPHIE

AGARDY T., 2010

Ocean zoning: making marine management more effective. London, Earthscan. 240 p.

BENNETT E. M., CRAMER W., BEGOSSI A., CUNDILL G., DÍAZ S., EGOH B. N., WOODWARD G., 201

Linking biodiversity, ecosystem services, and human well-being: three challenges for designing research for sustainability. *Current opinion in environmental sustainability*, 14 : 76-85.

BERKMAN G., 2011

L'effet Bartleby. Philosophes lecteurs. Paris, Éd. Hermann, coll. Fictions pensantes, 180 p.

BLACKWOOD J. C., HASTINGS A., MUMBY P. J., 2012

The effect of fishing on hysteresis in Caribbean coral reefs. *Theoretical ecology*, 5 (1) : 105-114.

BRAGA A. R. C., DE ROSSO V. V., HARAYASHIKI C. A. Y., JIMENEZ P. C., CASTRO Í. B., 2020

Global health risks from pesticide use in Brazil. *Nat. Food*, 1 (6) : 312-314. <http://doi.org/10.1038/s43016-020-0100-3>

CARROLL L., 1865

Alice's Adventures in Wonderland. London, Macmillan & Co. 192 p.

COM, 2014

L'innovation dans l'économie bleue : réaliser le potentiel de création d'emplois et de croissance de nos mers et océans. COM (2014) 254. Communication de la commission au Parlement européen, au Conseil, au Comité économique et social européen et au Comité des régions. Bruxelles, Commission européenne.

COM, 2019

Le pacte vert pour l'Europe. COM (2019) 640. Commission européenne. Communication de la Commission au Parlement européen, au Conseil européen, au Conseil, au Comité économique et social européen et au Comité des régions, le pacte vert pour l'Europe, Bruxelles, Commission européenne.

COM, 2020

Stratégie de l'UE en faveur de la biodiversité à l'horizon 2030. Ramener la nature dans nos vies. COM (2020) 380. Commission européenne. Communication de la Commission au Parlement européen, au Conseil, au Comité économique et social européen et au Comité des régions. Bruxelles, Commission européenne.

COSENS B., RUHL J. B., SOININEN N., GUNDERSON L., BELINSKIJ A., BLENCKNER T., ... & SIMILĂ, J., 2021

Governing complexity: integrating science, governance, and law to manage accelerating change in the globalized commons. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 118 (36) : e2102798118.

CRAIG R. K., 2012

Marine biodiversity, climate change, and governance of the oceans. *Diversity*, 4 (2) : 224-238.

DAY J., 2008

The need and practice of monitoring, evaluating and adapting marine planning and management-lessons from the Great Barrier Reef. *Marine Policy*, 32 (5) : 823-831.

DÍAZ S., et al., 2018

Assessing nature's contributions to people. *Science*, 359 (6373) : 270-272. <http://doi.org/10.1126/science.aap8826>

DOUVERE F., EHLER C. N., 2011

The importance of monitoring and evaluation in adaptive maritime spatial planning. *Journal of Coastal Conservation*, 15 (2) : 305-311.

EGO S., 2011

Dire que non... Portrait de Bartleby en révolutionnaire. *Savoirs et clinique*, 2 : 101-107.

EHLER C. N., 2014

« Pan-Arctic marine spatial planning: an idea whose time has come ». In Tedsen E., Cavalieri S., Kraemer R. A. (eds) : *Arctic marine governance*. Berlin, Heidelberg Springer : 199-213.

EHLER C., DOUVERE F., 2009

Marine spatial planning: a step-by-step approach toward ecosystem-based management (Report n° IOC/2009/MG/53). IOC Manuals and Guides 53, Icam Dossier 6, Paris, Unesco.

EHLER C., ZAUCHA J., GEE K., 2019

« Maritime/Marine spatial planning at the interface of research and practice ». In Zaucha J., Gee K. (eds) : *Maritime spatial planning*. Cham, Palgrave Macmillan : 1-21. https://doi.org/10.1007/978-3-319-98696-8_1

FAUCHALD P., 2010

Predator-prey reversal: a possible mechanism for ecosystem hysteresis in the North Sea? *Ecology*, 91 (8) : 2191-2197.

FERREIRA M. A., CALADO H., DA SILVA, C. P., ABREU, A. D., ANDRADE, F., FONSECA, C., ... & VASCONCELOS, L., 2015

Contributions towards maritime spatial planning (MSP) in Portugal – Conference report. *Marine Policy*, 59 : 61-63.

FLANNERY W., ELLIS G., NURSEY-BRAY M., VAN TATENHOVE J. P., O'HAGAN A. M., 2016

Exploring the winners and losers of marine environmental governance/Marine spatial planning: *Cui bono?*/"More than fishy business": epistemology, integration and conflict in marine spatial planning/Marine spatial planning: power and scaping/Surely not all planning is evil?/Marine spatial planning: a Canadian perspective/Maritime spatial planning-"*ad utilitatem omnium*" / Marine spatial planning: "It is better to be on the train than being hit by it"/Reflections from the perspective of recreational anglers. *Planning Theory & Practice*, 17 (1) : 121-151.

FLANNERY W., HEALY N., LUNA, M., 2018

Exclusion and non-participation in marine spatial planning. *Marine Policy*, 88 : 32-40.

FOTSO P., 2019

Les conditions juridiques d'intégration environnementale dans la planification spatiale marine : analyse d'opportunité de diffusion d'un processus public en Atlantique tropical (Cap-Vert, Sénégal, Brésil), à l'aune de l'expérience de l'Union européenne. Thèse en droit public, Brest, université de Bretagne occidentale, 479 p.

GARBE J., ALBRECHT T., LEVERMANN A. DONGES J. F., WINKELMANN R., 2020

The hysteresis of the Antarctic Ice Sheet. *Nature*, 585 : 538-544.

GISSI E., FRASCHETTI S., MICHELI F., 2019

Incorporating change in marine spatial planning: a review. *Environmental Science & Policy*, 92 : 191-200. <http://doi.org/10.1016/j.envsci.2018.12.002>

HALPERN B. S., WALBRIDGE S., SELKOE K. A., KAPPEL C. V., MICHELI F., D'AGROSA C., WATSON R., 2008

A global map of human impact on marine ecosystems. *Science*, 319 (5865) : 948-952.

HALPERN B. S., FRAZIER M., POTAPENKO J., CASEY K. S., KOENIG K., LONGO C., WALBRIDGE S., 2015

Spatial and temporal changes in cumulative human impacts on the world's ocean. *Nature Communications*, 6 (1) :1-7.

HERMITTE M.-A., 2011

La nature, sujet de droit ? *Annales. Histoire, Sciences sociales*, 66 : 173-212.

IPBES, 2019

Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. Brondizio E. S., Settele J., Díaz S., Ngo H. T. (eds). IPBES secretariat, Bonn, Germany. 1148 p. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3831673>

JACKSON J. B., JOHNSON K. G., 2001

Measuring past biodiversity. *Science*, 293 (5539) : 2401-2404.

JAY S., FLANNERY W., VINCE J., LIU W. H., XUE J. G., MATCZAK M., DEAN H., 2013

« International progress in marine spatial planning ». In *Ocean Yearbook*, 27. Leiden: Brill Martinus Nijhoff : 171-212.

KATES R. W., CLARK W. C., 1996

Environmental surprise: expecting the unexpected? *Environment: Science and Policy for Sustainable Development*, 38 (2) : 6-34. Routledge. <https://doi.org/10.1080/00139157.1996.9933458>

KOEHN J. Z., REINEMAN D. R., KITTINGER J. N., 2013

Progress and promise in spatial human dimensions research for ecosystem-based ocean planning. *Marine Policy*, 42 : 31-38.

KRAUSE J., RUXTON G. D., KRAUSE S., 2010

Swarm intelligence in animals and humans. *Trends in ecology & evolution*, 25 (1) : 28-34.

LEENHARDT P., TENEVA L., KININMONTH S., DARLING E., COOLEY S., CLAUDET J., 2015

Challenges, insights and perspectives associated with using social-ecological science for marine conservation. *Ocean & Coastal Management*, 115 : 49-60.

LE TIXERANT M., BONNIN M., GOURMELON F., RAGUENEAU O., ROUAN M., LY I., OULD ZEIN A., NDIAYE F., DIEDHIOU M., NDAO S., BASSIROU NDIAYE M., 202

Atlas cartographiques du droit de l'environnement marin en Afrique de l'Ouest. Méthodologie et usage pour la planification spatiale. *Cybergeo: European Journal of Geography*. <https://doi.org/10.4000/cybergeo.35598>

LINDQUIST C. J. (ED.), 2017

Visions for nature and nature's contributions to people for the 21st century. Report from an IPBES visioning workshop held on 4-8 September 2017 in Auckland, New Zealand. National Institute of Water and Atmospheric Research. [https://natlib-primo.hosted.exlibrisgroup.com/primo-explore/fulldisplay?](https://natlib-primo.hosted.exlibrisgroup.com/primo-explore/fulldisplay?docid=NLNZ_ALMA11315432210002836&context=L&vid=NLNZ&search_scope=NLNZ&tab=catalogue&lang=en_US)

https://natlib-primo.hosted.exlibrisgroup.com/primo-explore/fulldisplay?docid=NLNZ_ALMA11315432210002836&context=L&vid=NLNZ&search_scope=NLNZ&tab=catalogue&lang=en_US

LOVELOCK J., 1979

Gaia, a new look at life on Earth. Oxford, Oxford university press. 183 p.

MAES F., 2008

The international legal framework for marine spatial planning. *Marine Policy*, 32 (5) : 797-810.

MARIS V., 2010

Philosophie de la biodiversité : petite éthique pour une nature en péril. Paris, Éd. Buchet-Chastel., coll. Écologie, 214 p.

MARIS V., 2014

Nature à vendre. Les limites des services écosystémiques. Versailles, Éd. Quæ, Coll. Sciences en question, 94 p.

MARIS V., 2018

La part sauvage du monde. Penser la nature dans l'Anthropocène. Paris, Éd. Seuil, coll. Anthropocène, 272 p.

MATHEVET R., THOMPSON J., DELANOË O., CHEYLAN M., GIL-FOURRIER C., BONNIN M., MATHEVET R., 2010

La solidarité écologique : un nouveau concept pour une gestion intégrée des parcs nationaux et des territoires. *Natures Sciences Sociétés*, 18 : 424-433.

MATHEVET R., 2012

La solidarité écologique. Ce lien qui nous oblige. Arles, Actes Sud. 210 p.

MCCAULEY V., MCHUGH P., DAVISON K., DOMEGAN C., 2019

Collective intelligence for advancing ocean literacy. *Environmental Education Research*, 25 (2) : 280-291.

MELVILLE H., 1856

Bartleby, the Scrivener: a story of Wall Street. Short novel in The Piazza Tales. NY, Dix & Edwards.

MYERS R. A., WORM B., 2003

Rapid worldwide depletion of predatory fish communities. *Nature*, 423 (6937) : 280-283.

NOGUÉS-BRAVO D., SIMBERLOFF D., RAHBK C., SANDERS N. J., 2016

Rewilding is the new Pandora's box in conservation. *Current Biology*, 26 (3) : R87-R91.

PAINE R. T., TEGNER M. J., JOHNSON E. A., 1998

Compounded perturbations yield ecological surprises. *Ecosystems*, 1 (6) :535-545.

PAULY D., 1995

Anecdotes and the shifting baseline syndrome of fisheries. *Trends in Ecology and Evolution*, 10 (10) : 430.

PERINO A., PEREIRA H. M., NAVARRO L. M., FERNÁNDEZ N., BULLOCK J. M., CEAUȘU S., WHEELER H. C., 2019

Rewilding complex ecosystems. *Science*, 364 (6438) : eaav5570.

PETTORELLI N., GRAHAM N. A., SEDDON N., MARIA DA CUNHA BUSTAMANTE M., LOWTON M. J., SUTHERLAND

W. J., BARLOW J., 2021

Time to integrate global climate change and biodiversity science-policy agendas. *Journal of Applied Ecology*, 58 (11) : 2384-2393.

PINARBAŞI K., GALPARSORO I., BORJA A., STELZENMÜLLER V., EHLER C., GIMPEL A., 2017

Decision support tools in marine spatial planning: present applications, gaps and future perspectives. *Marine Policy*, 83 : 83-91.

PLASMAN I. C., 2008

Implementing marine spatial planning: a policy perspective. *Marine Policy*, 32 (5) : 811-815.

PRIEUR M., 2012

Vers la reconnaissance du principe de non-régression. *Revue juridique de l'environnement*, 37 (4) : 615-616.

QUEFFELEC B., 2013

Planification de l'espace maritime et approche écosystémique en contexte transfrontalier : illustration franco-belge. *Vertigo – la revue électronique en sciences de l'environnement*, hors-série 18. <https://www.doi.org/10.4000/vertigo.14282>

QUEFFELEC B., BONNIN M., FERREIRA B., et al., 2021

Marine spatial planning and the risk of ocean grabbing in the tropical Atlantic. *ICES Journal of Marine Science*, 78 (4) : 1196-1208.

RODDIER F., 2012

Thermodynamique de l'évolution : un essai de thermo-bio-sociologie. La Seyne-sur-Mer, Éd. Parole, 100 p.

SALE P. F. AGARDY T., AINSWORTH C. H. et al., 2014

Transforming management of tropical coastal seas to cope with challenges of the 21st century. *Marine Pollution Bulletin*, 85 : 8-23.

Schnitzler A., Genot J.-C., 2020

La nature férale ou le retour du sauvage. Pour l'ensauvagement de nos paysages. Éd. Jouvence Nature, 176 p.

SPALDING M. D., MELIANE I., MILAM A. FITZGERALD C., HALE L. Z., 2013

Protecting marine spaces: global targets and changing approaches. *Ocean Yearbook Online*, 27 (1) : 213-248. <https://www.doi.org/0.1163/22116001-90000160>

TROUILLET B., GUINEBERTEAU T., DE CACQUERAY M., ROCHETTE J., 2011

Planning the sea: the French experience. Contribution to marine spatial planning perspectives. *Marine Policy*, 35 (3) : 324-334.

UE, 2011

Directive 2011/92/UE du Parlement européen et du Conseil du 13 décembre 2011 concernant l'évaluation des incidences de certains projets publics et privés sur l'environnement. Bruxelles, Union européenne.

UE, 2014

Directive 2014/89/UE du Parlement européen et du Conseil du 23 juillet 2014 établissant un cadre pour la planification de l'espace maritime. Bruxelles, Union européenne.

VAROUFAKIS Y., 2020

Le Green deal de l'Union européenne est une énorme manœuvre de greenwashing. *Le Club de Mediapart*. <https://blogs.mediapart.fr/les-invites-de-mediapart/blog/120220/le-green-deal-de-l-union-europeenne-est-une-enorme-manoeuvre-de-greenwashing>

WILLIAMS J. W., JACKSON S. T., 2007

Novel climates, no-analog communities, and ecological surprises. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 5 (9) : 475-482.

WOLFF M., 2015

From sea sharing to sea sparing. Is there a paradigm shift in ocean management? *Ocean & Coastal Management*, 116 : 58-63.

NOTES

1. La République du Cap-Vert a changé son nom officiel dans toutes les langues en République du Cabo Verde le 24 octobre 2013 dans une demande soumise au Secrétaire général par le représentant permanent du pays auprès des Nations unies. Conformément à cette demande, il ne sera fait mention dans cette publication qu'au Cabo Verde. Afin de respecter les titres des œuvres préalablement parues, les références ou sources imprimées mentionnant dans leur titre « Cap-Vert » (en français) ou « Cape Verde » (en anglais) n'ont pas été modifiées.

AUTEURS

SOPHIE LANCO BERTRAND

Écologue marin, Marbec, IRD, France.

MARIE BONNIN

Juriste en droit de l'environnement, Lemar, IRD, France.

**Partie I. Regards disciplinaires sur
les écosystèmes marins dans les
tropiques. Un préalable à la
planification spatiale marine**

Chapitre 1. Tendances et diversité des écosystèmes marins de l'Atlantique tropical

Arnaud Bertrand et Martin Zimmer

NOTE DE L'ÉDITEUR

Sous la coordination de Arnaud Bertrand et Martin Zimmer. Ont également contribué à ce chapitre : Corrine Almeida, Moacyr Araujo, Christophe Barbraud, Sophie Lanco Bertrand, Rebecca Borges, Andrea Z. Botelho, Timothée Brochier, Ana Carvalho, Liliana Carvalho, Daniela Casimiro, Ana C. Costa, Alex Costa da Silva, Hervé Demarcq, Malick Diouf, Gilles Domalain, Paulo Duarte, Éric Dutrieux, Werner Ekau, Beatrice P. Ferreira, Thierry Frédou, Flavia Lucena Frédou, Daniela Gabriel, Lucy G. Gillis, José Guerreiro, Fabio Hazin, Hélène Hegaret, Véronique Helfer, Ariane Koch-Larrouy, François Le Loc'h, Alciany da Luz, Inês Machado, Vito Melo, Albertino Martins, Vitor Paiva, Jaime Ramos, Pedro Raposeiro, Osvaldina Silva, Pericles Silva, Philippe Soudant, Modou Thiaw, Yoann Thomas, Sébastien Thorin, Paulo Travassos, Humberto L. Varona et Maria Anunciação Ventura.

Introduction

- 1 Les écosystèmes marins sont constitués d'une mosaïque de sous-systèmes interconnectés. Par exemple, la productivité générée dans une région donnée peut influencer des mangroves séparées par des dizaines ou des centaines de kilomètres. La physique détermine les échanges entre ces sous-systèmes (par exemple, le transport des larves depuis les zones d'éclosion jusqu'aux nourriceries) et des processus hydrologiques et environnementaux complexes influencent le cycle de vie des espèces marines, régissant leur distribution spatiotemporelle et façonnant les assemblages faunistiques. L'intégrité d'un sous-système peut ainsi déterminer celle d'un autre. Une

décision humaine prise à un endroit peut avoir un impact dramatique sur un sous-système marin éloigné. Les politiques de gestion, qui sont aujourd'hui fragmentées et sectorielles, doivent tenir compte de la connectivité physique et écologique entre les sous-systèmes. Cet aspect est particulièrement important à l'heure actuelle, car les activités humaines ont un impact direct sur l'intégrité des écosystèmes et un impact indirect par le biais du réchauffement climatique d'origine anthropique.

- 2 Dans ce contexte, la planification spatiale marine (PSM), qui vise à organiser et à harmoniser la diversité des activités humaines dans les environnements marins et côtiers, doit reconnaître et prendre explicitement en compte la dynamique des écosystèmes. Au-delà de la reconnaissance de la diversité des parties prenantes et de la compréhension de leurs besoins et exigences, des informations spatialement explicites sur la disponibilité des ressources et processus naturels respectifs sont d'une importance capitale pour une PSM efficace. Malgré la disponibilité de vastes ensembles de données à long terme sur les processus océanographiques (par exemple, Pirata¹), une vue globale des côtes et des mers côtières de l'Atlantique tropical ainsi que de leurs ressources naturelles fait toujours défaut. Ce chapitre vise à rassembler et à résumer les informations sur les ressources naturelles marines et côtières et leur état d'utilisation et d'exploitation pour des études de cas dans l'Atlantique tropical occidental (Brésil) et oriental (Cabo Verde², Sénégal) (pour un rapport plus exhaustif, voir BERTRAND et ZIMMER, 2019). Même s'il est loin d'être exhaustif, ce chapitre offre quelques clés pour une meilleure compréhension des processus en jeu.

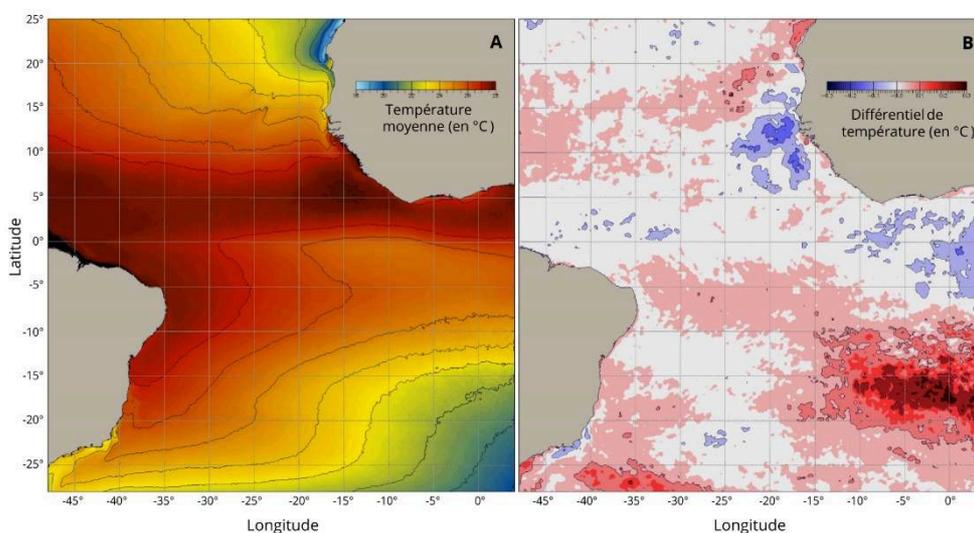
Tendances générales des conditions océanographiques dans l'Atlantique tropical

- 3 L'Atlantique tropical est caractérisé par une ceinture de température de surface de la mer (TSM) élevée ($> 27^{\circ}\text{C}$), centrée à 5°N dans la partie occidentale. Les masses d'eau de surface chaudes s'étendent sur une plage allant de 15°N à 15°S dans l'Atlantique occidental, dominant ainsi les eaux côtières de l'Est et du Nord-Est du Brésil (fig. 1A). La région sénégalo-mauritanienne présente une TSM moyenne comparativement faible ($< 19^{\circ}\text{C}$), tandis que la zone du Cabo Verde affiche une TSM de $25\text{-}26^{\circ}\text{C}$, provenant du contre-courant nord-équatorial/courant mauritanien (dôme de Guinée). Le réchauffement observé de 1985 à 2007 (DEMARCO, 2009) dans l'Atlantique tropical ouest a été fortement atténué au cours des deux dernières décennies (fig. 1B). Un refroidissement notable est observé dans les régions sénégalaises et guinéennes et à Cabo Frio au Brésil. D'autres régions, dont le nord-est du Brésil, ne présentent aucun réchauffement ou seulement un réchauffement modéré ($< +0,05^{\circ}\text{C}$ par décennie). Le refroidissement observé dans les zones d'*upwelling* semble illustrer la remontée d'eaux riches en nutriments entraînant une augmentation de la biomasse phytoplanctonique (fig. 2A). Cette tendance positive de la productivité a été encore plus intense au cours des 16 dernières années (fig. 2B). Une tendance positive modérée des TSM a été observée dans la région équatoriale, où le refroidissement oriental est associé à une légère augmentation de la chlorophylle a près de l'équateur. Enfin, la tendance temporelle de la productivité ne présente pas de schéma clair le long de la côte nord-est du Brésil, avec une légère augmentation côtière lorsque l'on considère la période complète (1998-2018), mais une diminution modérée au cours des 16 dernières années (2003-2018). Cette divergence peut être due à l'utilisation de deux capteurs satellitaires

pendant la période 1998-2018 (fig. 2A) contre un seul capteur pendant la période 2003-2018 (fig. 2B).

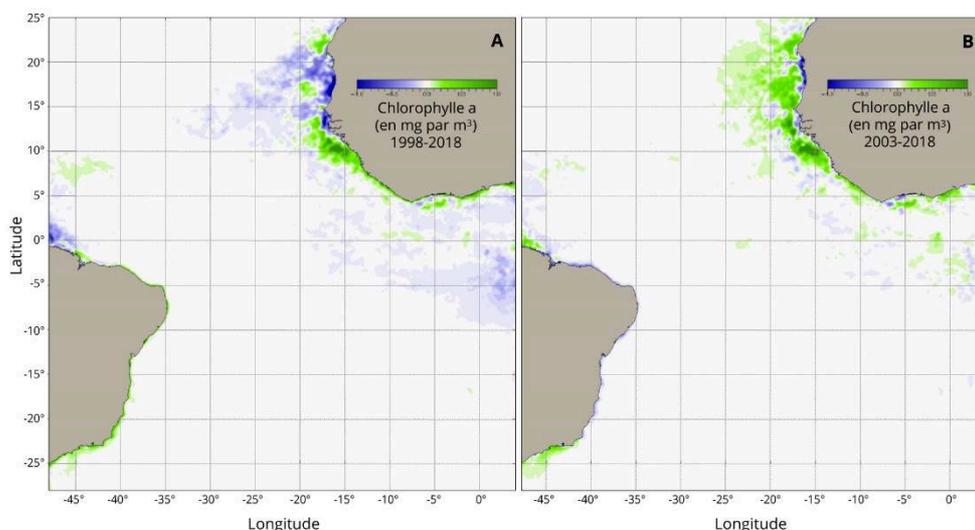
- 4 La ceinture tropicale est considérée en tant que telle comme la zone la plus vulnérable de la planète face aux défis du changement climatique. Une diminution des précipitations a été observée, par exemple, dans le nord-ouest de l'Afrique et dans l'arrière-pays de la côte nord-est du Brésil (Ipcc, 2014a), et un réchauffement important des océans est attendu dans de grandes parties de l'Atlantique tropical (fig. 1A et 1B). Ces changements de la température de l'eau obligeront de nombreuses espèces à se déplacer vers les pôles ou dans des eaux plus profondes pour survivre, ou à modifier considérablement leur comportement, ce qui entraînera des extinctions locales et des déplacements d'aires de répartition qui auront un fort impact sur la structure trophique des écosystèmes et leur surplus de production disponible pour les pêcheries.

Figure 1. Température moyenne (A) et différences de température (B) de la surface de la mer (SST) dans l'Atlantique tropical pour la période 1998-2018



Source des données : capteur AVHRR SST (*advanced very high resolution radiometer*) (pathfinder v5.3), données SST de nuit et de jour combinées

Figure 2. Tendances de la concentration en chlorophylle a dans l'Atlantique tropical pour les périodes 1998-2018 (A) et 2003-2018 (B)



Source des données : SeaWiFS (*sea-viewing wide field-of-view sensor*) (période 1998-2007) et Modis (*moderate-resolution imaging spectroradiometer*) (période 2003-2018)

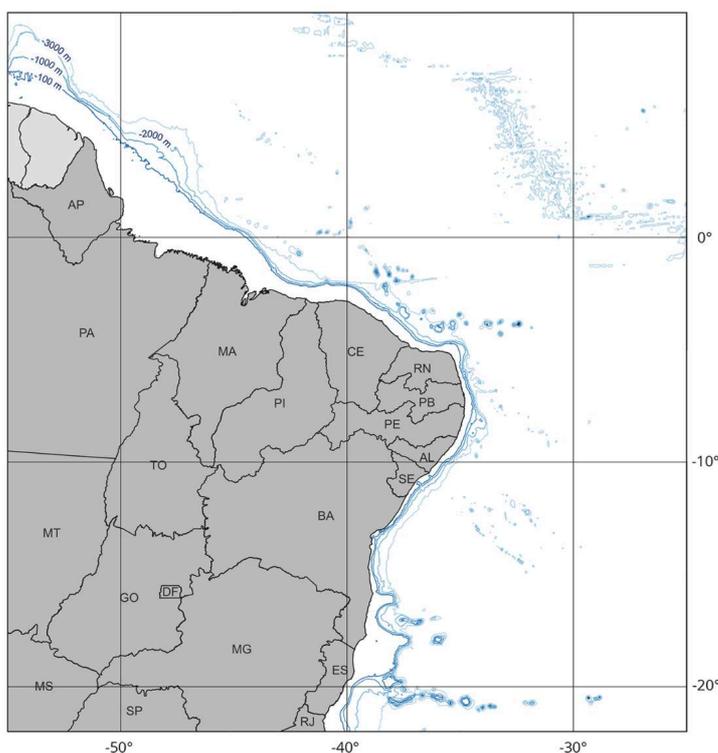
L'Atlantique tropical : une diversité d'écosystèmes

- 5 L'Atlantique tropical est petit par rapport au géant du Pacifique. Pourtant, il englobe une variété de systèmes aux caractéristiques diverses. En particulier, les trois systèmes considérés ici, c'est-à-dire le Nord-Est du Brésil, l'archipel du Cabo Verde et le système du courant des Canaries, diffèrent considérablement dans leurs caractéristiques et leurs niveaux de connaissance et d'information. Nous fournissons ici quelques éléments de contexte pour chaque système qui peuvent aider à la compréhension des autres chapitres de ce manuel.

La côte nord-est du Brésil

- 6 La côte nord-est du Brésil, qui s'étend de l'État de Bahia au Maranhão (fig. 3), est caractérisée par une TSM élevée (26 à 30 °C, ASSUNÇÃO *et al.*, 2020) et une faible productivité, principalement due à l'influence des eaux tropicales oligotrophes. Elle présente une diversité et un endémisme assez élevés, même s'ils sont beaucoup plus faibles que dans la région des Caraïbes (TOSETTO *et al.*, 2022). Cette région présente un étroit plateau continental de 45 à 60 km dominé par des fonds sableux et rocheux (VASCONCELLOS *et al.*, 2011 ; EDUARDO *et al.*, 2018). Les formations récifales coralliennes sont caractéristiques de cette région, et les pêcheries associées à cette zone se concentrent sur les formations récifales distribuées le long du plateau continental jusqu'au talus continental et sur les bancs océaniques (FERREIRA *et al.*, 1998 ; FERREIRA et MAIDA, 2001 ; EDUARDO *et al.*, 2018). Cependant, dans le cadre du changement global, les récifs brésiliens pourraient subir un déclin massif de la couverture corallienne dans les 50 prochaines années et pourraient s'éteindre en moins d'un siècle (FRANCINI-FILHO *et al.*, 2008).

Figure 3. Bathymétrie des côtes nord et nord-est du Brésil



États brésiliens : AL : Alagoas ; AP : Amapa ; BA : Bahia ; CE : Ceará ; DF : Distrito Federal ; ES : Espírito Santo ; GO : Goiás ; MA : Maranhão ; MG : Minas Gerais ; MS : Mato Grosso do Sul ; MT : Mato Grosso ; PA : Pará ; PB : Paraíba ; PE : Pernambuco ; PI : Piauí ; RJ : Rio de Janeiro ; RN : Rio Grande do Norte ; SE : Sergipe ; SP : São Paulo ; TO : Tocantins.

La ligne bleue pleine montre la bathymétrie à 100 m, 1 000 m, 2 000 m et 3 000 m.

Source : A. Bertrand, M. Zimer d'après les données bathymétriques ETPOPO (<https://sos.noaa.gov/catalog/datasets/etopo1-topography-and-bathymetry/>)

- 7 Les estuaires sont des écosystèmes prééminents de la côte brésilienne (LANA et BERNADINO, 2018). En tant que zones économiquement importantes de nourricerie et d'alimentation pour de nombreuses espèces de poissons côtiers, ils constituent la base des moyens de subsistance de nombreux pêcheurs le long de la côte. Les activités d'aquaculture marine sont concentrées dans le Ceará et le Rio Grande do Norte, représentant près de 80 % de la production totale du Nordeste brésilien. Plus au nord, jusqu'à l'embouchure de l'Amazone, les côtes et les estuaires sont souvent occupés par des forêts de mangroves denses, implantées dans des sédiments vaseux. La zone de mangrove au sud de l'Amazone est l'un des deux plus grands habitats continus de mangrove au monde, et la biomasse aérienne par unité de surface de ces mangroves est plus élevée que dans la plupart des autres régions de l'Atlantique tropical et subtropical. En raison de la forte turbidité des eaux côtières, les zones peu profondes sont pauvres en herbiers marins ou en récifs coralliens.
- 8 Le Nord-Est est l'une des régions côtières les plus densément peuplées du Brésil, l'État de Pernambuco se distinguant comme l'épicentre de cette concentration. Dans cette région, l'urbanisation des dernières décennies, principalement due à la pollution domestique et à l'activité industrielle, a entraîné la dégradation des écosystèmes côtiers, tels que les mangroves, les herbiers marins et les récifs coralliens, le plus gravement autour du principal centre urbain, Recife. L'occupation et l'expansion humaines ont altéré la qualité de l'eau et la biodiversité aquatique avec l'élimination

des mangroves, des changements dans la structure trophique de l'écosystème, l'élimination des sites de frai et de nourricerie, la diminution de la biodiversité, les infections par des agents pathogènes, l'augmentation des charges parasitaires chez les espèces commercialement importantes et l'accumulation de mercure (VIANA *et al.*, 2010, 2012 ; LOPES *et al.*, 2019).

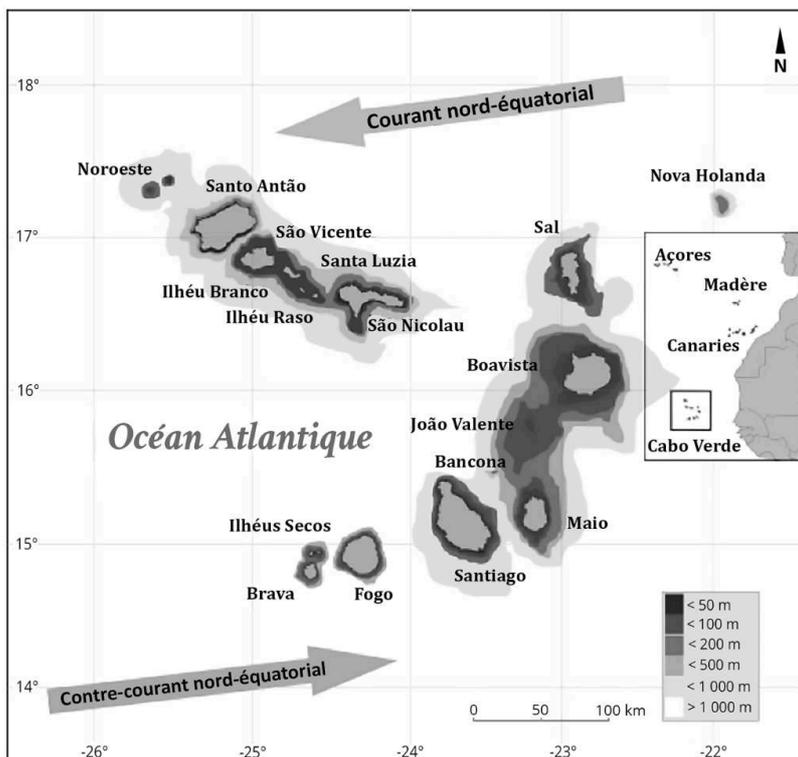
- 9 Au Brésil, la pêche artisanale ou petite pêche représente plus de 90 % des emplois dans le secteur de la pêche. En 2011, près de 600 000 pêcheurs étaient directement engagés dans des activités de pêche à plein temps au sein de flottilles de pêche composées de navires de moins de 12 m de long. La pêche artisanale est concentrée le long des côtes nord et nord-est, tandis que la majeure partie de la flotte de pêche industrielle est concentrée dans le sud du Brésil (VASCONCELLOS *et al.*, 2011). Le Brésil présente un bilan médiocre en matière de gestion des pêches, et plusieurs stocks sont confrontés à la surexploitation et à l'absence de gestion systématique (GASALLA *et al.*, 2017). La faiblesse de la gouvernance, l'érosion des systèmes traditionnels d'utilisation des ressources, l'accès incontrôlé aux ressources naturelles, la pauvreté, le manque d'emplois alternatifs et l'accès facile à des stocks dont les coûts d'investissement et d'exploitation sont faibles ont favorisé la surpêche et exacerbé les changements induits par le climat dans la pêche artisanale (GASALLA *et al.*, 2017). L'épuisement continu des ressources halieutiques et la dégradation environnementale des zones côtières affectent particulièrement cette dernière. Les stratégies gouvernementales actuelles semblent inefficaces pour surmonter les obstacles qui entravent le développement durable des communautés de pêcheurs artisanaux le long de la côte brésilienne.
- 10 Les réserves marines extractives représentent l'effort le plus important soutenu par le gouvernement pour protéger les ressources de propriété commune dont dépendent les pêcheurs traditionnels à petite échelle. Elles appartiennent généralement à l'État, mais les droits d'accès et d'utilisation, y compris l'extraction des ressources naturelles, sont attribués à des groupes ou à des communautés locales. Les réserves extractives marines profitent à quelque 60 000 pêcheurs artisanaux le long de la côte, même si leur efficacité est entravée par une faible application de la loi et des pressions anthropiques et économiques, notamment le tourisme (SANTOS et SCHIAVETTI, 2014 ; BERTRAND *et al.*, 2018). En outre, le Brésil est une région pauvre en données en matière de pêche. Les statistiques brésiliennes sur les pêches ne sont plus communiquées depuis 2011 (2007 pour les statistiques détaillées), date à laquelle le système existant a été progressivement démantelé et non remplacé. Le manque global d'informations sur ces pêches est un problème subsidiaire qui donne une faible visibilité politique au secteur et contribue ainsi à perpétuer son statut (VASCONCELLOS *et al.*, 2011). Il s'agit d'un obstacle sérieux pour le développement d'une planification efficace de l'espace marin.

Cabo Verde

- 11 L'archipel du Cabo Verde fait partie, avec les Açores, Madère, les Selvagens et les îles Canaries, de la Macaronésie, qui est située dans l'océan Atlantique Nord, près de la côte ouest-africaine et de la région ouest-méditerranéenne. L'archipel s'étend sur 58 000 km² d'océan et possède environ 1 050 km de côtes. Il se compose de dix îles volcaniques divisées en deux groupes : (1) groupe Barlavento (au vent), qui comprend les îles Santo Antão, São Vicente, Santa Luzia, São Nicolau, Sal et Boa Vista, ainsi que les îlots Raso et Branco ; (2) le groupe Sotavento (sous le vent), au sud, qui comprend les

îles Maio, Santiago, Fogo et Brava et les trois îlots appelés Rombos – Grande, Luís Carneiro et Cima (fig. 4).

Figure 4. Archipel du Cabo Verde



SOURCE : MEDINA *et al.* (2007)

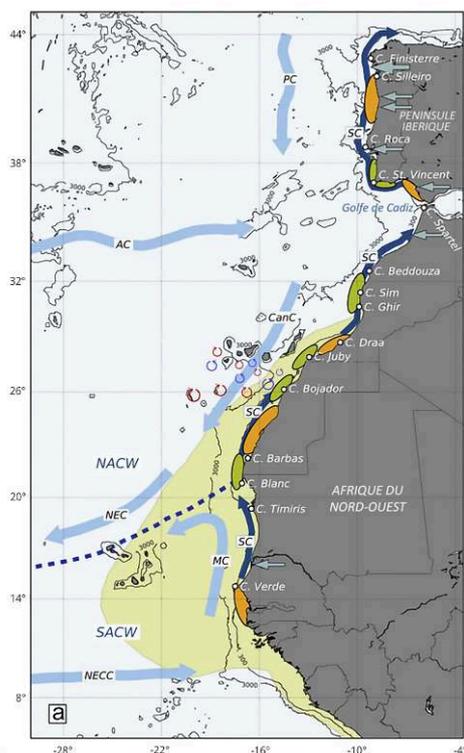
- 12 Les îles océaniques déclenchent des processus physiques complexes augmentant la production primaire et concentrant les niveaux tropicaux élevés. Ce mécanisme, connu sous le nom d'effet de masse insulaire (DOTY et OGURI, 1956), crée une multiplicité d'habitats d'une grande richesse faunistique et floristique. Néanmoins, la biodiversité est naturellement restreinte aux limites géographiques étroites des îles et est extrêmement vulnérable aux perturbations causées par les activités humaines (DUARTE et ROMEIRAS, 2009). Les études scientifiques sont encore en cours et il reste beaucoup à découvrir sur la structure et le fonctionnement des écosystèmes capverdiens.
- 13 Le poisson est la principale source de protéines animales des habitants du Cabo Verde. Même si la pêche ne contribue qu'à environ 5 % du produit national brut (PNB), le secteur emploie près de 11 000 personnes et est important pour l'économie, notamment en termes d'exportation, en atteignant le record de 84 % des exportations nationales en 2014 (INE, 2018). Le thon est l'espèce pêchée la plus rémunératrice au Cabo Verde, représentant plus de 80 % des captures industrielles jusqu'en 1991. Le thon est le poisson le plus exporté (43 % des exportations), suivi par les formes transformées de maquereau (40 %). Le secteur de la pêche est souvent divisé en deux catégories distinctes selon la destination des captures et le type de navire : la pêche artisanale, responsable de l'approvisionnement décentralisé en poissons des communautés locales et des îles, et la pêche industrielle, pour l'exportation, l'approvisionnement du marché des conserves et des principaux centres urbains de consommation de poissons au niveau national.

- 14 Le Cabo Verde dépend fortement du trafic maritime pour le transport de biens et de services entre les îles, ainsi qu'à l'intérieur et à l'extérieur du pays. Les activités de soutage et de chantier naval, qui ont le potentiel de se développer, peuvent accroître les risques pour l'environnement et la santé publique. Le dragage semi-industriel ou industriel dans les zones côtières est principalement lié à la construction ou à l'agrandissement des ports (MONTEIRO ET RAMOS, 2014). Les autres rares zones de dragage qui existent dans les fonds marins sont toutes situées à côté du littoral. Comme de grands bancs de sable sont présents sur de nombreuses îles, les zones de dragage du pays sont principalement situées sur les plages et dans les lits d'eau douce. Les activités d'extraction de sable ont commencé le long des côtes des îles de Maio et Fogo, mais cette activité a été interrompue en raison des menaces qu'elle fait peser sur la biodiversité marine (CORREIA, 2012), un fait déjà signalé par la Commission européenne en 2010.
- 15 La Banque mondiale considère le tourisme comme l'un des investissements les plus importants pour l'avenir du Cabo Verde. Si le pays veut faire du tourisme un contributeur majeur du produit intérieur brut (PIB), il devra s'attaquer à des problèmes clés comme l'assainissement, la gestion des déchets et l'extraction illégale de granulats. En 2000, le secteur du tourisme ne représentait que 6,4 % du PIB. Il est ensuite passé à 16 et 22 % en 2010 et 2018 respectivement (BCV, 2018). Cette augmentation du tourisme a exercé des pressions supplémentaires sur les habitats côtiers et marins. Pour faire face à cette réalité, le Pana II (Plano de Acção Nacional para o Ambiente, 2004) contient une série de programmes et d'études planifiés visant à valoriser et à conserver la biodiversité du Cabo Verde, et qui peuvent être utilisés pour définir une stratégie de tourisme durable (par exemple, REINA, 2015).

Systeme d'*upwelling* du courant des Canaries

- 16 Le système du courant des Canaries est l'un des principaux systèmes d'*upwelling* de la frontière orientale de l'océan mondial (FRÉON *et al.*, 2009). La partie africaine du système de courant des Canaries couvre la zone économique exclusive du Maroc, de la Mauritanie, et couvre de façon saisonnière la zone au large du Sénégal, de la Gambie, de la Guinée-Bissau et peut exceptionnellement s'étendre dans les eaux guinéennes (fig. 5). La largeur du plateau continental varie de 50 à 150 km, les plus grandes parties étant situées au large du Sahara occidental/du sud du Maroc et au sud du Cabo Verde (fig. 5). Deux grandes cellules d'*upwellings* quasi permanents, situées au Cap Ghir (~30° 38' N) et au Cap Blanc (~21° N), exportent les eaux de surface vers le large. Entre ces deux caps, d'autres *upwellings* se trouvent couramment au Cap Juby (~27° 56' N), au Cap Boujdor (~26° 12' N) ou entre les deux (BARTON *et al.*, 1998). Il existe cependant de nombreux cas où il n'y a pas d'activité d'*upwelling* dans cette région (ARISTEGUI *et al.*, 1994). Un *upwelling* saisonnier est également présent au large du Cabo Verde (~14° 30' N), lorsque les alizés favorisent l'*upwelling* dans cette zone. L'*upwelling* est saisonnier dans la partie nord du système (du nord du Maroc à ~28° N), permanent dans sa partie centrale (~21-28° N) et à nouveau saisonnier dans sa partie sud.

Figure 5. Carte schématique du bassin des Canaries montrant les principaux courants (bleu clair : courants de surface ; bleu foncé : courants de pente), les principaux caps, les apports d'eau douce (flèches bleues) et de poussière (> 10 g/m²/an en jaune), les zones de rétention (orange) et de dispersion (vert) sur le plateau, la zone frontale entre les masses d'eau (lignes bleues pointillées) et les tourbillons de méso-échelle (bleu : cyclones ; rouge : anticyclones) au sud des îles Canaries.



AC : courant des Açores ; CanC : courant des Canaries ; MC : courant mauritanien ; NACW : eau centrale nord-atlantique ; NEC : courant nord-équatorial ; NECC : contre-courant nord-équatorial ; PC : courant portugais ; SACW : eau centrale sud-atlantique ; SC : courant de pente.

Source : ARISTEGUI *et al.* (2009).

- 17 La forte productivité biologique de la côte nord-ouest de l'Afrique, due à la remontée de nutriments qui entretiennent de grandes populations de poissons (FRÉON *et al.*, 2009), soutient la pêche qui joue un rôle crucial pour l'économie et la sécurité alimentaire. Les eaux au large du nord de la Mauritanie font partie des zones marines les plus productives au monde et servent d'importantes zones de pêche, tandis que les eaux du Sénégal auraient une productivité moyenne. Le long de la côte ouest-africaine, l'estuaire du Sine-Saloum se trouve dans la zone de transition entre un paysage aride et sec et des écosystèmes côtiers tropicaux humides bordés de mangroves et représente une importante nourricerie pour les poissons. Le plateau est large et fournit un habitat fertile et une zone d'alimentation pour les poissons de fond et les petits poissons pélagiques (PPP) importants pour la pêche côtière. Les pêcheries de la région constituent la principale source de protéines animales pour une population dépassant 225 millions de personnes, dont un tiers d'enfants (FAILLER, 2014). À ce jour, la majorité des stocks d'espèces à longue durée de vie est épuisée, et les PPP sont devenus les principales espèces exploitées, tant pour l'industrie alimentaire mondiale (farine de poisson, TACON, 2004) que pour la consommation humaine (FAILLER, 2014). Les pêcheries pélagiques au nord du Cap Blanc sont généralement dominées par la sardine européenne (*Sardina pilchardus*) et l'anchois (*Engraulis encrasicolus*), tandis qu'au sud du Cap Blanc, les sardinelles (*Sardinella aurita* et *S. maderensis*) dominent généralement les

débarquements. Dans les conditions actuelles de réchauffement climatique, la distribution des sardinelles se déplace vers le nord depuis le milieu des années 1990 (SARRÉ *et al.*, 2018). En raison de la crise alimentaire sahélienne, la pression démographique sur la frange côtière a augmenté les activités de pêche artisanale (BINET *et al.*, 2013 ; FAILLER, 2014), s'ajoutant à la pression de la pêche industrielle. La surpêche des PPP menace la capacité des écosystèmes marins à soutenir les pêcheries (LAURANS *et al.*, 2004 ; PALA, 2013 ; THIAO *et al.*, 2012), amplifiant le risque d'effondrement (MCOWEN *et al.*, 2015 ; ESSINGTON *et al.*, 2015). Alors qu'il existe une littérature exhaustive sur la dynamique des PPP dans la zone d'*upwelling* du nord, ce qui est particulièrement intéressant pour les flottes étrangères, nos connaissances sur la biologie, la distribution, la reproduction et le statut d'exploitation des espèces côtières dans les pays du Sud (du Sénégal à la Côte d'Ivoire) font cruellement défaut.

- 18 Au centre du Sénégal, la sécheresse sahélienne des dernières décennies (PAGES et CITEAU, 1990) a entraîné l'inversion de l'estuaire du Sine-Saloum avec des salinités plus élevées à l'intérieur des terres qu'à l'embouchure du fleuve. Si l'on ajoute à cela que de nombreuses régions arides deviennent plus sèches en raison du changement climatique (IPCC, 2014b), les impacts de l'inversion de l'estuaire sur la fonction du Sine-Saloum en tant qu'habitat essentiel et zone de nurserie pour les espèces de poissons locales sont assez peu connus. Malgré la quasi-absence d'espèces de poissons sédentaires, le suivi d'une aire marine protégée dans le Delta a révélé des menaces importantes sur la biomasse et la diversité des poissons (BROCHIER *et al.*, 2011 ; ECOUTIN *et al.* 2014 ; SADIO *et al.*, 2017). Dans le même ordre d'idées, l'hydrodynamique et le forçage des marées à l'intérieur de l'estuaire du Sine-Saloum, spatialement complexe avec ses nombreux affluents (appelés localement *bolongs*), les réponses aux changements environnementaux au niveau des écosystèmes et leurs contributions au bien-être humain, sont peu connus. Les sociétés locales dépendent fortement des ressources naturelles qui proviennent directement ou indirectement des mangroves qui peuplent les berges le long de l'estuaire, comme les poissons, les crustacés et les coquillages. Ces mangroves ont également subi des changements drastiques lors de l'inversion de l'estuaire, et actuellement elles ne se développent pas plus loin dans les terres (vers l'est) que la ville économiquement importante de Foundiougne. Même lors des changements récents des conditions climatiques dans l'arrière-pays, les schémas de salinité de l'estuaire inverse semblent rester stables, mais des études détaillées et une compréhension mécanistique font défaut. La durabilité de l'extraction des produits de la mer, principalement par le biais de la pêche artisanale, de l'estuaire et du tronçon côtier correspondant, peut difficilement être évaluée, car il n'existe pas de données sur les débarquements ni sur les stocks de poissons ou de crustacés en quantité ou en qualité suffisantes (BOUSSO, 2000 ; SIMIER *et al.*, 2004 ; ECOUTIN *et al.*, 2010).

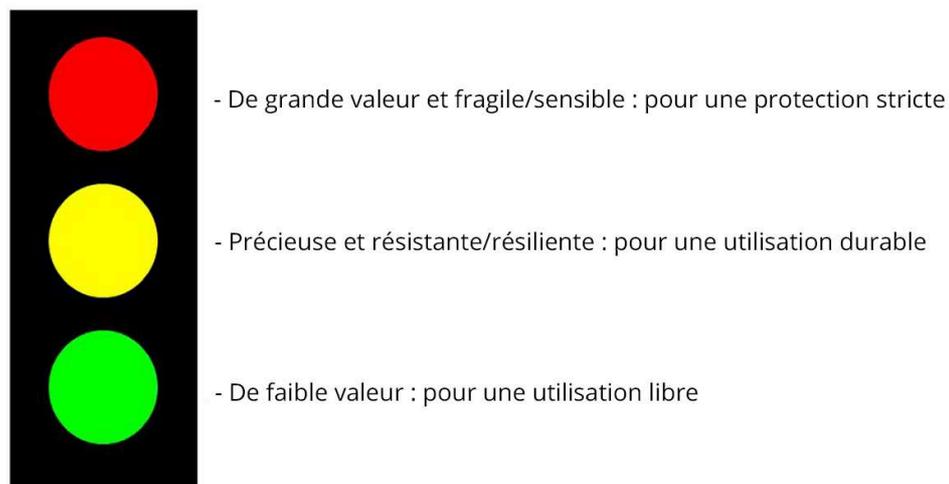
Conclusion

- 19 L'Atlantique tropical revêt une importance mondiale en tant que partie intégrante du réseau global de courants océaniques et en tant que matrice de la migration des espèces marines, dont beaucoup présentent un grand intérêt économique aux échelles régionale et mondiale. Les riches stocks de fruits de mer assurent la sécurité alimentaire de subsistance et les revenus de millions d'habitants des zones côtières et sont exploités par les pays limitrophes et au-delà, y compris l'Europe. La gestion

durable de ces ressources, leur utilisation et leur extraction sont essentielles à l'échelle mondiale pour garantir la sécurité alimentaire (à l'échelle locale et mondiale), le bien-être et les moyens de subsistance des populations, et ainsi prévenir les migrations humaines dues à la pauvreté ou aux catastrophes. Pour cela, il faut prendre en compte non seulement la pêche, mais aussi les activités et utilisations concurrentes, ainsi que les autres contributions des mers et des côtes au bien-être humain. Afin d'éviter – ou du moins de minimiser – les conflits entre l'utilisation et l'exploitation des ressources naturelles par l'homme et la protection de l'environnement, la hiérarchisation des priorités de la planification de l'espace maritime réunit les exigences des sociétés locales/régionales et la nécessité de protéger les écosystèmes côtiers et marins contre les abus et la surexploitation. Le résultat sera un compromis spatialement explicite d'utilisation des terres et des mers qui optimisera les bénéfices humains et minimisera les dommages environnementaux en même temps.

- 20 Une approche potentielle pour parvenir à de telles recommandations destinées aux responsables politiques et aux décideurs est le « concept de feu tricolore » (HELPER et ZIMMER, 2018 ; fig. 6). Ce concept prend en compte la stabilité, la résistance ou la résilience de l'écosystème ainsi que sa valeur pour les parties prenantes locales, régionales et mondiales. Les écosystèmes sont classés selon les couleurs d'un feu tricolore – rouge, jaune et vert – sur la base d'observations et de mesures sur le terrain, ainsi que de modèles prédictifs de l'évolution de l'écosystème selon différents scénarios de conditions environnementales actuelles et futures et de changement d'utilisation des terres et des ressources. Pour que le résultat soit simple d'utilisation pour les parties prenantes ainsi qu'aux responsables politiques et aux décideurs, les catégories sont limitées à trois au maximum et tiennent compte du fait que la protection complète d'une zone donnée n'est possible et acceptable pour les sociétés locales que si les zones voisines peuvent être utilisées. Ainsi, le rouge signifie « important et sensible », et donc qu'il est important de protéger la zone concernée totalement de l'utilisation humaine. Le jaune signifie « important et stable/résilient » ; la zone est alors disponible pour une utilisation (durable). Le vert signifie « dégradé ou de peu de valeur à l'avenir » ; la zone peut être utilisée selon les besoins locaux ou régionaux, par exemple pour le développement d'infrastructures ou de l'agro- et aquaculture. Grâce à cette dernière couleur, l'utilisation nécessaire et inévitable des espaces serait limitée aux zones de faible valeur écologique, et les zones de grande valeur seraient épargnées de la destruction et de la dégradation.

Figure 6. Schéma conceptuel du feu de circulation pour la hiérarchisation spatiale de la protection et de l'utilisation des écosystèmes



SOURCE : HELFER ET ZIMMER (2018)

- 21 De telles approches requièrent une connaissance pluridisciplinaire et une compréhension solide des systèmes côtiers, incluant l'écologie, la socio-économie, la sociologie, les études juridiques, mais également la gouvernance et les politiques publiques. Les études de cas de régions sélectionnées sur les frontières occidentales (Brésil) et orientales (Cabo Verde et Sénégal) de l'Atlantique présentées dans ce chapitre illustrent nos connaissances limitées sur de nombreux aspects nécessaires à la PSM. En supposant qu'il en va de même pour les nombreuses régions côtières de l'Atlantique tropical qui ne sont pas abordées dans ce chapitre, il apparaît essentiel de mener des études plus nombreuses et détaillées sur les écosystèmes tropicaux côtiers et marins, leurs processus et fonctions, leur utilisation et leur exploitation et la façon dont l'utilisation des ressources affecte ces écosystèmes.

BIBLIOGRAPHIE

ARÍSTEGUI J., BARTON E. D., ÁLVAREZ-SALGADO X. A., SANTOS A. M. P., FIGUEIRAS F. G., KIFANI S., HERNÁNDEZ-LEÓN S., MASON E., MACHÚ E., DEMARCQ H., 2009

Sub-regional ecosystem variability in the Canary Current upwelling. *Progress in Oceanography*, 83 (1-4) : 33-48.

Arístegui J., Sangrá P., Hernández-León S., Cantón M., Hernández-Guerra A., Kerling J. L., 1994

Island-induced eddies in the Canary Islands. *Deep Sea Research I*, 41 (10) : 1509-1525.

Assunção R. V., Costa da Silva A., Roy A., Bourlès B., Silva C. H. S., Ternon J.-F., Araujo M., Bertrand A., 2020

3D characterisation of the thermohaline structure in the southwestern tropical Atlantic derived from functional data analysis of in situ profiles. *Progress in Oceanography*, 187 : 1-17. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2020.102399>

BCV, 2018

Relatório do estado da economia de Cabo Verde em 2017. Departamento de Estudos Económicos e Estatísticas (ed.), Praia, Banco de Cabo Verde, 91 p.

Barton E. D., Aristegui J., Tett P., Cantón M., García-Braun J., Hernández-León S., Nykjaer L., Almeida C., Almunia J., Ballesteros S., Basterretxea G., Escáñez J., García-Weill L., Hernández-Guerra A., López-Laatzén F., Molina R., Montero M. F., Navarro-Pérez E., Rodríguez J. M., van Lenning K., Vélez H., Wild K., 1998

The transition zone of the Canary Current upwelling region. *Progress in Oceanography*, 41 (4) : 455-504.

Bertrand A., Vögler R., Defeo O., 2018

« Chapter 15: climate change impacts, vulnerabilities and adaptations: South-West Atlantic and South-East Pacific marine fisheries ». In Barange M., Bahri T., Beveridge M., Cochrane K., Funge-Smith S., Poulain F. (eds.) : *Impacts of climate change on fisheries and aquaculture: synthesis of current knowledge, adaptation and mitigation options*. FAO Fisheries Technical Paper, 627 : 325-346.

Bertrand A., Zimmer M. (coord.), 2019

Report on tropical Atlantic marine ecosystem dynamics in the last decades. Deliverable D2.1, EU H2020 Project Paddle. <https://www-ium.univ-brest.fr/paddle/publications/scientific-publications/documents-des-publications/d-2-1-report-on-tropical-marine-ecosystem-dynamics.pdf>

Binet T., Failler P., Bailleux R., Turmine V., 2013

Des migrations de pêcheurs de plus en plus conflictuelles en Afrique de l'Ouest. *Revue africaine des Affaires maritimes et des Transports*, 5 (51) : 51-68.

Bousso T., 2000

« La pêche dans l'estuaire du Sine-Saloum (Sénégal), typologie d'exploitation des villages et campements de pêche ». In Gascuel D., Chavance P., Bez N., Biseau A. (éd.) : *Les espaces de l'halieutique*. Paris, IRD Éditions, coll. Colloques et séminaires : 349-370.

Brochier T., Mason E., Moyano M., Berraho A., Colas F., Sangrà P., Hernández-León S., Ettahiri O., Lett C., 2011

Ichthyoplankton transport from the African coast to the Canary Islands. *Journal of Marine Systems*, 87 (2) : 109-122. <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2011.02.025>

Correia J. H. G., 2012

Extracção de areia na praia de Calhetona (Ilha de Santiago, Cabo Verde): causas, processos e consequências. Mémoire de master en citoyenneté et participation environnementales, Lisbonne, université Aberta, 103 p.

Demarcq H., 2009

Trends in primary production, sea surface temperature and wind in upwelling systems (1998-2007). *Progress in Oceanography*, 83 (1-4) : 376-385.

Doty M. S., Oguri M., 1956

The island mass effect. *ICES Journal of Marine Science*, 22 : 33-37.

Duarte M. C., Romeiras M. M., 2009

« Cape Verde Islands ». In *Encyclopedia of Islands*, University of California Press : 501-512.

Ecoutin J. M., Simier M., Albaret J. J., Laë R., Tito de Morais L., 2010

Changes over a decade in fish assemblages exposed to both environmental and fishing

constraints in the Sine-Saloum estuary (Senegal). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 87 (2) : 284-292.

Ecoutin J. M., Simier M., Albaret, J. J., Laë R., Raffray J., Sadio O., Tito de Morais L., 2014
Ecological field experiment of short-term effects of fishing ban on fish assemblages in a tropical estuarine MPA. *Ocean and Coastal Management*, 100 : 74-85.

Eduardo L. N., Frédou T., Souza Lira A., Ferreira B., Bertrand A., Ménard F., Lucena Frédou F., 2018

Identifying key habitat and spatial patterns of fish biodiversity in the tropical Brazilian continental shelf. *Continental Shelf Research*, 166 : 108-118.

Essington T. E., Moriarty P. E., Froehlich H. E., Hodgson E. E., Koehn L. E., Oken K. L., Siple M. C., Stawitz C. C., 2015

Fishing amplifies forage fish population collapses. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112 (21) : 6648-6652.

Failler P., 2014

Climate variability and food security in Africa: the case of small pelagic fish in West Africa. *Journal of Fisheries Livestock Production*, 2 (2) : 1-11.

Ferreira B. P., Maida M., 2001

Fishing and the future of Brazil's Northeastern reefs. *Intercoast - International newsletter of Coastal management*, 38 : 22-23.

Ferreira B. P., Cava F. C., Ferraz A. N., 1998

Relações morfométricas em peixes recifais na zona econômica exclusiva. *Boletim Técnico e Científico do CEPENE*, 6 : 61-76.

Francini-Filho R. B., Moura R. L., Thompson F. L., Reis R. M., Kaufman L., Kikuchi R. K. P., Leão Z., 2008

Diseases leading to accelerated decline of reef corals in the largest South Atlantic reef complex (Abrolhos Bank, eastern Brazil). *Marine Pollution Bulletin*, 56 (5) : 1008-1014.

Fréon P., Barange M., Arístegui, J., 2009

Eastern boundary upwelling ecosystems: integrative and comparative approaches preface. *Progress in Oceanography*, 83 (1-4) : 1-14.

Gasalla M. A., Abdallah P. R., Lemos D., 2017

« Potential impacts of climate change in Brazilian marine fisheries and aquaculture ». In Phillips B. F., Pérez-Ramírez M. (eds) : *Climate change impacts on fisheries and aquaculture: a global analysis*. Hoboken, John Wiley & Sons : 455-470.

Helper V., Zimmer M., 2018

« High-throughput techniques as support for knowledge-based spatial conservation prioritization in mangrove ecosystems ». In Makowski C., Finkl C. (eds) : *Threats to Mangrove Forests: Hazards, Vulnerability and Management*. Coastal Research Library, vol. 25, Cham, Springer : 539-554. https://doi.org/10.1007/978-3-319-73016-5_24

INE, 2018

Estatísticas do Ambiente 2016. Praia, Instituto Nacional de Estatística de Cabo Verde, 80 p.

IPCC, 2014a.

« Summary for policymakers ». In Field C. B. et al. (eds) : *Climate change 2014: impacts, adaptation, and vulnerability. Part A: global and sectoral aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge/New York, Cambridge University Press : 1-32.

IPCC, 2014b

Climate change 2013: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Stocker F. T., Qin D., Plattner G. K., Tignor M., Allen S. K., Boschung J., Nauels A., Xia Y., Bex V., Midgley P. M. (eds), Cambridge/ New York, Cambridge University Press.

Lana P. C., Bernardino A. F., 2018

Brazilian estuaries. A benthic perspective. Berlin, Springer, 1st ed.

Laurans M., Gascuel D., Chassot E., Thiam D., 2004

Changes in the trophic structure of fish demersal communities in West Africa in the three last decades. *Aquatic Living Resources*, 17 : 163-174.

Lopes D. F. C., de Assis C. R. D., de Sant'Anna M. C. S., da Silva J. F., de Souza Bezerra R., Frédou F. L., 2019

Brain acetylcholinesterase of three Perciformes: from the characterization to the *in vitro* effect of metal ions and pesticides. *Ecotoxicology and environmental safety*, 173 : 494-503.

McOwen C. J., Cheung W. W. L., Rykaczewski R. R., Watson R. A., Wood L. J., 2015

Is fisheries production within large marine ecosystems determined by bottom-up or top-down forcing? *Fish and Fisheries*, 16 (4) : 623-632.

Medina A., Brêthes J. C., Sévigny J. M., Zakardjian B., 2007

How geographic distance and depth drive ecological variability and isolation of demersal fish communities in an archipelago system (Cape Verde, Eastern Atlantic Ocean). *Marine Ecology - An evolutionary perspective*, 28 (3) : 404-417.

Monteiro V., Ramos V., 2014

Relatório nacional de avaliação das actividades terrestres, que podem ser fontes de poluição costeira e marinha em Cabo Verde. 38 p.

Pages J., Citeau, J., 1990

Rainfall and salinity of a Sahelian estuary between 1927 and 1987. *Journal of Hydrology*, 113 : 325-341.

Pala C., 2013

Detective work uncovers under-reported overfishing. *Nature*, 496 : 18-18.

Pana II, 2004

Segundo Plano de Acção Nacional para o Ambiente (Vol. III): Plano Ambiental Inter-Sectorial Ambiente e Gestão Sustentável da Biodiversidade. Praia, Ministério do Ambiente, Agricultura e Pescas, Gabinete de Estudos e Planeamento. 79 p.

Reina M. B. S., 2015

La valoración económica de los recursos naturales en la gestión de destinos turísticos insulares. Thèse de doctorat en économie, université de Las Palmas, Gran Canaria, 238 p.

Sadio O., Diadiou H. D., Simier M., Ecoutin, J. M., 2017

« Effet Spillover d'une aire marine protégée estuarienne en Afrique de l'Ouest : le cas de l'AMP de Bamboung (Saloum, Sénégal) ». In Brehmer P., Ba B., Kraus G. (eds) : *International conference ICAWA 2016: extended book of abstract. The AWA project: ecosystem approach to the management of fisheries and the marine environment in West African waters.* ICWA International conference, Dakar, SRFC/CSRP/IRD : 116-117.

Santos C. Z., Schiavetti A., 2014

Assessment of the management in Brazilian marine extractive reserves. *Ocean and Coastal Management*, 93 : 26-36.

Sarré A., Krakstad J.-O., Brehmer P., Mbye E., 2018

Spatial distribution of main clupeid species in relation to acoustic assessment surveys in the continental shelves of Senegal and The Gambia. *Aquat. Living Resour.*, 31 : 9-18.

Simier M., Blanc L., Aliaume C., Diouf P. S., Albaret J. J., 2004

Spatial and temporal structure of fish assemblages in an “inverse estuary”, the Sine-Saloum system (Senegal). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 59 (1) : 69-86.

Tacon A. G. J., 2004

Use of fish meal and fish oil in aquaculture: a global perspective. *Aquatic Resources, Culture and Development*, 1 (1) : 3-14.

Thiao D., Chaboud C., Samba A., Laloë F., Cury P. M., 2012

Economic dimension of the collapse of the false cod *Epinephelus aeneus* in a context of ineffective management of the small-scale fisheries in Senegal. *African Journal of Marine Science*, 34 : 305-311.

Tosetto E. G., Bertrand A., Neumann-Leitão S., Nogueira Júnior M., 2022

The Amazon River plume, a barrier to animal dispersal in the Western Tropical Atlantic. *Scientific Reports*, 12 (537). <https://doi.org/10.1038/s41598-021-04165-z>

Vasconcellos M., Diegues A. C., Kalikoski D., 2011

« Coastal fisheries of Brazil ». In Salas S., Chuenpagdee R., Charles A., Seijo J. C. (eds) : *Coastal fisheries of Latin America and the Caribbean*. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper, 544, Rome, FAO : 73-116.

Viana A. P., Lucena Frédou F., Frédou T., Ferreira Torres M., Bordalo A., 2010

Fish fauna as an indicator of environmental quality in an urbanised region of the Amazon estuary. *Journal of Fish Biology*, 76 (3) : 467-486.

Viana A. P., Lucena Frédou F., Frédou T., 2012

Measuring the ecological integrity of an industrial district in the Amazon estuary, Brazil. *Marine Pollution Bulletin*, 64 (3) : 489-499.

NOTES

1. Prediction and Research Moored Array in the Tropical Atlantic : www.pmel.noaa.gov/gtmmba/pmel-theme/atlantic-ocean-pirata
2. La République du Cap-Vert a changé son nom officiel dans toutes les langues en République du Cabo Verde le 24 octobre 2013 dans une demande soumise au Secrétaire général par le représentant permanent du pays auprès des Nations unies. Conformément à cette demande, il ne sera fait mention dans cette publication qu’au Cabo Verde. Afin de respecter les titres des œuvres préalablement parues, les références ou sources imprimées mentionnant dans leur titre « Cap-Vert » (en français) ou « Cape Verde » (en anglais) n’ont pas été modifiées.

AUTEURS

ARNAUD BERTRAND

Écologue marin, UMR Marbec, IRD, France.

MARTIN ZIMMER

Écologue marin, Centre Leibniz pour l'écologie marine tropicale (ZMT), Allemagne.

Chapitre 2. Pollutions dans un monde liquide

Sources, devenirs et conséquences pour la planification spatiale marine au Sénégal

Éric Machu, Timothée Brochier, Xavier Capet, Siny Ndoya, Ibrahima Sidiki Ba et Luc Descroix

Introduction

- 1 L'océan a été historiquement considéré comme un endroit suffisamment vaste pour pouvoir accueillir toutes sortes de déchets produits par les sociétés humaines sans dommages (GORMAN, 1993). La logique a été poussée très loin par les sociétés industrielles qui prennent tardivement conscience des limites de cette approche. L'origine et la nature des déchets rejetés dans le milieu marin sont particulièrement variées : ceux liés à l'exploitation des navires, aux activités nucléaires civiles et militaires, aux eaux usées industrielles et domestiques, aux ruissellements des intrants agricoles, aux saumures et contaminants issus de la désalinisation de l'eau de mer, aux rejets et fuites liés aux activités d'extraction de matières premières, etc. L'océan est par ailleurs l'objet de pollutions accidentelles ou non intentionnelles, souvent du fait de négligences : déchets solides dont les macro et microplastiques, marées noires, fuites de matériels radioactifs, etc.
- 2 Les perturbations humaines de la nature en général, et de l'océan en particulier, sont caractérisées par l'introduction et la diffusion de polluants, c'est-à-dire d'agents d'origine extérieure : biologique, physique ou chimique. Au-delà d'un certain seuil, et parfois dans certaines conditions (potentialisation), ces polluants induisent des impacts négatifs sur tout ou partie d'un écosystème. L'intérêt humain pour la pollution marine repose aujourd'hui principalement sur les impacts que cette dernière peut avoir sur les biomasses exploitées, la santé des consommateurs, l'occupation du milieu marin ou la conservation de la biodiversité.

- 3 Au Sénégal, les études mesurant la pollution ou ses impacts potentiels sont rares. Dans l'intervalle 2000-2013, la population sénégalaise a augmenté de près de 40 % (9,8 millions en 2000 et 13,5 millions en 2013, date du premier recensement), une augmentation qui est toujours en phase d'accélération, d'après la projection 2013-2063 de l'Agence nationale de la statistique et de la démographie du Sénégal (ANSD) (17,2 millions en 2021) ; avec un dépassement de la barre des 30 millions d'habitants prévu à l'horizon 2040¹. Combinée à l'exode rural, cette dynamique a fait passer la population de l'agglomération de Dakar de 400 000 habitants en 1970 à 2,2 millions en 2002 puis 3,6 millions en 2018. Plus généralement, le nombre de citoyens vivant dans les zones côtières s'accroît, et par une combinaison de manque de sensibilisation des populations et de systèmes de collecte efficaces, une quantité croissante de déchets non biodégradables est rejetée sur les plages et dans les estuaires. La médiatisation récente du rejet de déchets d'origine hospitalière sur les plages autour du Cap Manuel² en représente une illustration (fig. 1A).

Figure 1. Sédimentation de déchets. A. Accumulation de déchets hospitaliers en strate sur la plage du Cap Manuel



Source : capture d'écran du reportage « Déchets médicaux sur des plages : les images de l'horreur... un hôpital pris en flagrant délit »

© seneweb.com/M. B. Bâ, O Sakho, 2020

Figure 1. Sédimentation de déchets. B. L'érosion de la côte sur la façade océanique de Djiffer révèle un remblai à base de déchets domestiques et de filets de pêche mono-filaments



© IRD/T. Brochier, 2020

- 4 Dans ce chapitre, nous présentons les principales sources de pollution marine émises sur le territoire sénégalais. Nous discutons ensuite des risques et des enjeux pour l'écosystème marin, avant de présenter les principaux processus physiques affectant le transport et la distribution des polluants le long des côtes sénégalaises. Enfin, nous concluons et proposons des recommandations dans un cadre de planification spatiale du milieu marin.

Les sources de pollution marine

Quand le plastique devient politique...

- 5 La pollution au plastique est l'une des plus visibles, et par conséquent au centre des initiatives citoyennes et politiques qui souhaitent freiner la dégradation de l'environnement. Depuis 2008, mais surtout à partir de 2015, les pouvoirs publics sénégalais adoptent des lois et des politiques relatives aux déchets plastiques (NGAIDO, 2020). Cependant, les lois relatives aux autres sources de pollution sont plus générales et anciennes. Elles restent limitées, et les initiatives récentes pour une meilleure gestion des ordures semblent s'intéresser peu à ces autres sources de pollution. Bien que les morceaux de plastique constituent la majorité des déchets marins répertoriés³ (THIELE *et al.*, 2021), le plastique ne représente « que » 12 % des déchets produits⁴. En réalité, la diversité des polluants rejetés en mer est grande, et les polluants solubles sont à la fois moins visibles et souvent plus dangereux. Ils sont responsables d'une crise sanitaire de plus en plus grave malgré des diagnostics précis et la sonnette d'alarme tirée dès les années 1990 par les chercheurs sénégalais (DIAW, 1993). Dans cette partie, nous passons en revue les sources de pollution d'origine agricole, domestique et industrielle au Sénégal.

Pollution agricole

- 6 La pollution marine d'origine agricole est due au lessivage des terres cultivées lors des pluies qui charrient les pesticides, herbicides et engrais vers les cours d'eau et, *in fine*, l'océan. Les engrais peuvent provoquer l'eutrophisation des eaux côtières tandis que les pesticides et herbicides auront des effets toxiques sur l'écosystème en général.
- 7 Bien que le Sénégal importe de plus en plus d'engrais⁵, les quantités utilisées par hectare de terre arable restent d'un ordre de grandeur inférieur aux quantités utilisées en Europe⁶. La consommation de pesticides n'est que partiellement documentée, notamment pour la région des Niayes⁷ qui est une zone de prédilection pour la culture maraîchère le long du littoral entre Dakar et Saint-Louis et où la nappe phréatique est superficielle. Cependant, d'après le Centre de suivi écologique (CSE, 2015), la plupart des pesticides utilisés sont interdits et les dosages recommandés ne sont pas respectés. Le passage de polluants de la nappe phréatique littorale vers l'océan semble donc probable, en particulier en saison des pluies. La Petite Côte et la Casamance sont *a priori* indemnes de pollution agricole, car on y trouve essentiellement des petites exploitations traditionnelles qui utilisent peu d'intrants chimiques. Dans le delta du fleuve Casamance, la riziculture de mangrove est pratiquée traditionnellement sur de petites surfaces. Les cultures d'arachides situées dans le bassin versant du Sine-Saloum ne sont *a priori* pas « gourmandes » en produits chimiques, mais sont responsables de la déforestation et donc de la réduction de la capacité du sol à stocker les eaux de pluie, ce qui est l'un des facteurs essentiels de salinisation des sols notamment du delta (FAYE *et al.*, 2019). Aux abords du fleuve Sénégal, il y a de grandes exploitations agricoles sur des sols relativement lourds (75-90 % d'argile) qui drainent leurs eaux chargées de produits chimiques dans le lac de Guiers, qui alimente Dakar en eau potable. Le fleuve charrie potentiellement les produits chimiques utilisés pour les cultures intensives présentes tout le long de la vallée (riz, canne à sucre, cultures maraîchères).

Pollution domestique

- 8 En 2016, le gouvernement sénégalais estimait à environ 2,4 millions de tonnes la production annuelle de déchets solides, pour une population de 15,4 millions d'habitants (KAZA *et al.*, 2018). Les eaux usées collectées, quant à elles, étaient estimées à 25 millions de m³ par an en 2000. La distribution spatiale des rejets coïncide avec celle de la population, fortement concentrée sur la péninsule du Cabo Verde⁸. L'estuaire du Sine-Saloum est exposé aux rejets de plus 1,6 million d'habitants. Au nord, le fleuve Sénégal cumule la pression de plus de 1,5 million d'habitants si on tient compte des populations des villes de Saint-Louis jusqu'à Matam. Au sud, les régions de Ziguinchor, Sédhiou et Kolda comptent également près de 1,5 million d'habitants, majoritairement répartis le long de l'estuaire du fleuve Casamance⁹.
- 9 Les déchets solides sont composés de 58 % de « fermentescibles » (déchets organiques, cuir, papiers et cartons), 26 % de « combustibles » (textiles, plastiques et bois) et 13 % de déchets « inertes » (métaux, verre, particules fines, cailloux et céramiques) (3 % des déchets n'étant pas classifiés). En 2016, il est estimé que 1,08 million de tonnes de déchets solides n'ont pas été collectées. Il est difficile d'estimer la part qui se retrouve dans l'environnement marin, mais nous les observons souvent au niveau des plages,

lagunes et estuaires (fig. 1B). Outre les déchets domestiques issus des zones d'habitations, l'affluence des baigneurs sur les plages pendant la période estivale génère une pollution locale principalement liée aux objets plastiques jetables (gobelets, pailles, sachets, bouteilles, etc.). Les débris d'engins de pêche (filets en nylon, flotteurs en polystyrène, etc.) sont également omniprésents en mer et sur le littoral sénégalais. Enfin, la présence de déchets hospitaliers (seringues, flacons et poches plastiques, etc.) est régulièrement signalée sur certaines plages de la capitale (fig. 1A).

- 10 Les rejets en eaux usées sont difficiles à estimer compte tenu de l'existence non quantifiée de rejets directs dans le milieu naturel sans connexion au réseau (CSE, 2013). Une partie des eaux usées s'infiltrer dans la terre, ou s'écoule dans le réseau pluvial pour finalement aboutir en mer. Les exutoires pluviaux collectent une grande quantité d'eaux usées continuellement déversées en mer, mais avec des pics de décharge lors de forts épisodes pluvieux.
- 11 L'intégralité de la péninsule du Cabo Verde est urbanisée par Dakar et ses banlieues avec une population de près de 4 millions d'habitants en 2020 contre 2,2 millions en 2000. La question de la pollution domestique y est devenue un problème de grande échelle, d'autant qu'elle se combine à la pollution industrielle (cf. les sections suivantes). L'augmentation de la pollution, concomitante à la croissance de la population et au développement économique et combinée à l'insuffisance d'infrastructures, a abouti à l'explosion des niveaux de pollution. Les eaux usées collectées étaient estimées à 25 millions de m³ par an en 2000, dont la presque totalité (23,6 millions de m³) à Dakar. Moins de 25 % de ces eaux seraient traitées dans une station d'épuration avant d'être rejetées en mer¹⁰. Ces rejets entraînent la présence importante de coliformes (*Escherichia coli*) et d'entérocoques et, plus rarement, de salmonelles (SONKO *et al.*, 2016). L'origine des principaux rejets en mer est listée dans le tableau 1. Bien qu'historiquement concentrés sur la corniche ouest, ces rejets sont aujourd'hui distribués tout autour de la péninsule. Des points particulièrement critiques d'émissions et d'accumulation de polluants sont observés (en dehors de la zone industrielle du port autonome de Dakar), au niveau de la baie de Hann, de la partie sud de la corniche ouest (notamment l'accumulation dans la baie de Soumbédioune), de la baie des Carpes à Ngor et sur le site de Cambérère (fig. 2C). À ces points critiques où les activités balnéaires et de pêche sont rendues impossibles, viennent s'ajouter de nombreux points d'émissions de plus faible intensité, mais en augmentation préoccupante, comme celui visible à proximité des plages du Virage et de Yoff. Il est également probable que la décharge de Mbeubeuss, située à moins de 1,5 km de la côte, soit responsable d'émissions indirectes en mer, via l'écoulement des eaux de pluie et/ou la résurgence sous-marine de la nappe phréatique polluée, un processus mis en évidence dans d'autres régions (BURNETT *et al.*, 2003). L'accroissement des sources de pollution rend de plus en plus impraticable le littoral dakarois, tant pour les professionnels de la mer que pour les habitants en quête d'espaces de détente.

Tableau 1. Quelques ordres de grandeur des rejets de polluant solubles autour de la péninsule du Cabo Verde

Origine des rejets en mer	Quantités rejetées dans le milieu marin (an ⁻¹)	Date de l'estimation*	Principaux polluants identifiés
Eaux usées domestiques de Dakar (dont moins de 25 % sont épurés avant rejet)	24 000 000 m ³	2005 (Onas)	Détergents, nutriments, microbes, plastiques, parabènes, nanoparticules (dont les plastiques)
Déchets domestiques solides	environ 1 000 000 t**	2016 (DEEC)	Déchets organiques, plastiques, métaux, verre, céramiques
Industries de la baie de Hann	923 352 m ³	2013 (DEEC)	Eaux chaudes, colorants chimiques, hydrocarbures, solvants, sang d'animaux (abattoirs), matière organique et éléments nutritifs (azote et phosphore)
Diffusion via la nappe phréatique de la décharge de Mbeubeuss (surtout saison des pluies)	Pas d'estimation	Pas d'estimation	Divers métaux lourds (surtout fer, plomb, cadmium et aluminium)
Collecte et tri des métaux par l'économie informelle	Effluents mélangés aux eaux usées domestiques	Pas d'estimation connue	Métaux lourds (plomb, mercure, cadmium, etc.), PCB (Polychlorobiphényle), acides
Port autonome de Dakar	274 878 m ³	2000 (DEEC)	Hydrocarbures, métaux lourds, huiles végétales, antifouling, phosphate, soufre, attapulгите, houille, clinker, etc.
Usine de désalinisation des mamelles	50 405 000 m ^{3****}	Rejets max. prévus en 2035 (http://www.eau-assainissement.gouv.sn)	Saumure (eau sursalée) combinée aux produits chimiques toxiques utilisés pour le prétraitement des eaux et pour la protection des équipements (antifouling, etc.)

Exploitation gaz et pétrole offshore	Pas d'estimation	Pas d'estimation connue	Eaux de production, boues d'exploitations, chargements des navires
--------------------------------------	------------------	-------------------------	--

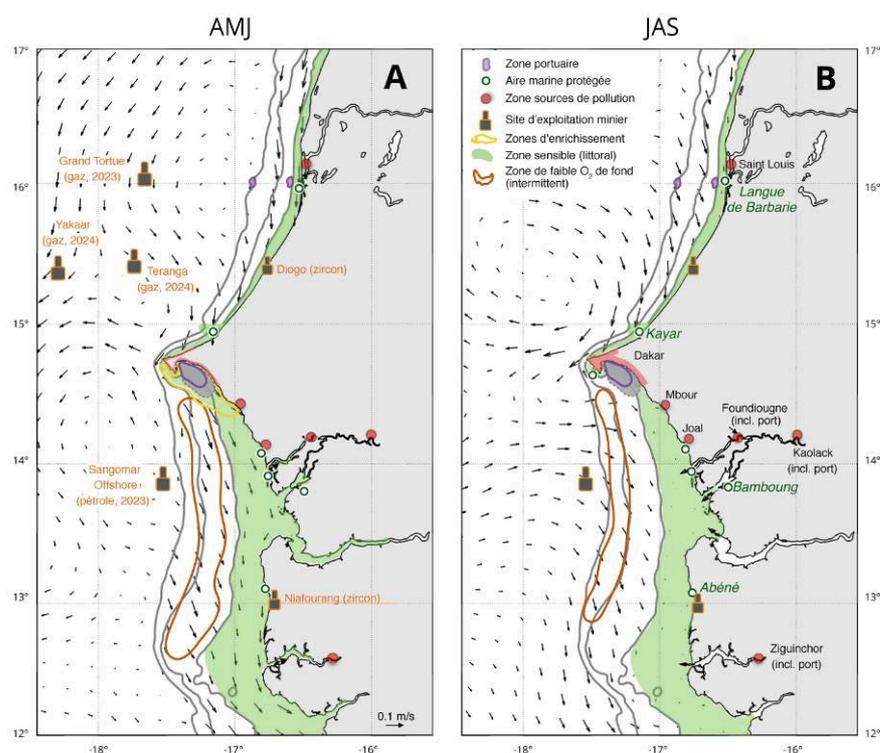
* Onas : Office national de l'assainissement du Sénégal

DEEC : Direction de l'environnement et des établissements classés

** 1,08 million de tonnes par an ne sont pas collectées. En nous basant sur des observations empiriques, nous estimons ici que la majorité est disposée dans les estuaires, les lagunes ou sur les plages.

*** En considérant un taux de récupération de 42 %, taux moyen pour l'osmose inverse sur de l'eau de mer.

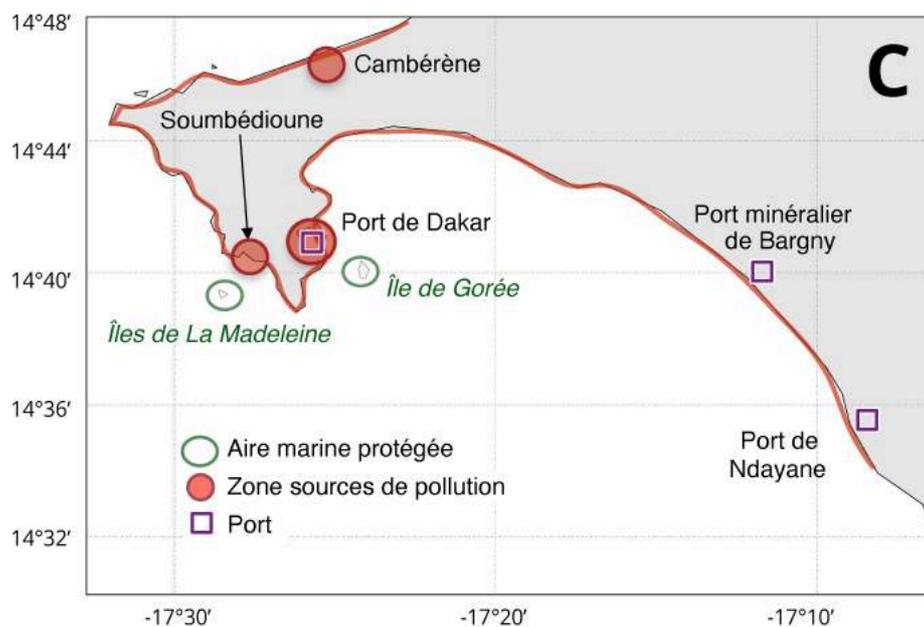
Figure 2A et 2B. Principales sources de pollution des eaux côtières



Représentation des éléments relatifs aux pollutions et risques d'atteintes à l'environnement marin sénégalais pour deux saisons contrastées : saison d'*upwelling* printanière (mars-juin ; carte A) et période de mousson (juillet-septembre ; carte B). Les sources de pollution majeures ponctuelles et la pollution plus diffuse à proximité de Dakar sont respectivement indiquées par des points rouges cerclés de marron et une ligne rouge le long de la côte.

Source : E. Machu, T. Brochier, X. Capet, S. Ndoye, I. Sidiki Ba, L. Descroix

Figure 2C. Principales sources de pollution des eaux côtières



La baie de Hann et son voisinage (carte C) concentrent les impacts et les risques compte tenu de l'importance des sources de pollutions industrielles et domestiques.

Source : E. Machu, T. Brochier, X. Capet, S. Ndoye, I. Sidiki Ba, L. Descroix

- 12 La construction en cours du port multi-usage de Ndayane (dont l'ambition est qu'il devienne le premier port d'Afrique de l'Ouest) et celle du port minéralier de Bargny devraient considérablement étendre la surface d'océan côtier concernée par les activités portuaires (fig. 2A et 2B, zone d'attente pour les navires, etc. ; en violet entouré d'un trait plein pour la situation future et d'un trait pointillé pour la situation actuelle). Des infrastructures sont également en construction ou prévues en mer en lien avec l'exploitation des gisements d'hydrocarbures comme au large de Saint-Louis. Des projets de développement du transport maritime concernent également les estuaires du Sine-Saloum (ports de Foundiougne et/ou Kaolack) et de la Casamance (port de Ziguinchor).
- 13 Le ruissellement des eaux de pluie pendant la période de mousson lessive les sols et augmente vraisemblablement les quantités de polluants déversées en mer (trait rouge plus épais, fig. 2B), mais cette variabilité saisonnière n'est à notre connaissance pas documentée (voir LEE *et al.*, 2004 et CHOW *et al.*, 2005 pour d'autres régions).
- 14 La zone marine située sous Dakar joue par ailleurs un rôle clé pour l'écosystème marin. C'est en effet une zone privilégiée de remontées d'eaux profondes riches en nutriments durant la période d'*upwelling* (fig. 2A) et une zone de ponte et de nourricerie pour plusieurs espèces de petits poissons pélagiques (NDOYE *et al.*, 2018).
- 15 Les isobathes 20, 50 et 100 m sont représentées par des lignes grisées (fig. 2). L'isobathe 100 m, située la plus au large, constitue la limite externe du plateau. L'isobathe 20 m, située la plus près de la côte, constitue la limite du plateau interne à l'intérieur duquel se déroule la plus grande partie des activités de pêche artisanale. Plusieurs espèces clés de petits pélagiques sont réputées inféodées au plateau interne (sardinelle plate) ainsi qu'aux estuaires (ethmalose).

- 16 Compte tenu de l'état lacunaire des connaissances, la délimitation proposée de la zone côtière sensible (en vert sur les fig. 2A et 2B) reste subjective et ne comprend pas la totalité des zones importantes pour la conservation des oiseaux (Zico) identifiées par BirdLife. La zone située plus au large abrite un écosystème hauturier particulièrement riche, dont l'exploitation est une source importante de revenus et de protéines et contient également des secteurs considérés comme des Zico. Il nous semble néanmoins que les pressions exercées sur cet écosystème et risques sont sensiblement plus faibles comparativement à la zone sensible côtière. Les Zico identifiées au Sénégal¹⁰ sont le secteur du plateau médian/externe qui est sujet à des épisodes de désoxygénation de la couche de fond dont les conséquences sur l'écosystème restent inconnues.
- 17 Les courants de surface moyens issus de simulations numériques (NDOYE *et al.*, 2017) sont indiqués par des flèches noires pour les deux saisons (fig. 2A et 2B). Elles révèlent la complexité de la circulation en particulier au voisinage de la péninsule du Cabo Verde (Dakar) qui est loin du schéma traditionnel attendu en zone d'*upwelling* au printemps (voir aussi la fig. 5). Une connexion directe par les courants moyens existe dans le modèle entre la zone d'exploitation pétrolière offshore Sangomar profond et le plateau continental sud-sénégalais, en particulier en période de mousson. Cette connexion est en réalité intermittente du fait de la variabilité des courants, à la fois intrinsèque/turbulente et forcée par les fluctuations du vent (par ex. aux échelles synoptiques et intrasaisonniers).

Pollution industrielle

Baie de Hann

- 18 On y trouve la première zone industrielle d'Afrique de l'Ouest. Quarante-deux unités industrielles générant des rejets dans la baie de Hann étaient répertoriées par la Direction de l'environnement et des établissements classés (DEEC) en 2013. Ce sont principalement des usines de transformation de poissons, de fabrication d'engrais chimiques, de tannage ou encore des raffineries de pétrole. Eaux chaudes, colorants chimiques, hydrocarbures, solvants, sang (provenant des abattoirs), matières organiques et éléments nutritifs (azote et phosphore), sont ainsi déversés dans la baie de Hann. Les industries agroalimentaires sont responsables du gros des émissions (environ 1 200 m³/j, voir le détail dans le rapport final d'évaluation environnementale et sociale du projet de dépollution de la baie de Hann¹¹).
- 19 En principe, ces industries sont contrôlées et induisent un risque faible de pollution chimique par les métaux lourds. Cependant, la grande majorité de l'économie sénégalaise est informelle, ce qui implique qu'une grande partie des rejets ne peut être répertoriée (ex. branchements sauvages sur les canalisations normalement réservées à l'évacuation des eaux de pluie). Signalons par exemple les industries informelles de recyclage des batteries, déjà pointées du doigt pour être à l'origine d'intoxications massives au plomb (OMS, 2008), ou encore le recyclage artisanal très courant des transformateurs qui peuvent contenir des PCBs (polychlorobiphényles¹²). De manière générale, l'ensemble des déchets industriels contenant des fractions métalliques réutilisables sont collectés par des « ferrailleurs », tant artisanaux qu'industriels, dans le cadre de circuits économiques informels, sans contrôle réel des effluents, ni de mesures visant à éviter les rejets de métaux lourds ou autres produits toxiques. Le recyclage des métaux ainsi récupérés a néanmoins lieu dans des usines classées pour la

protection de l'environnement (P. Tastevin, Centre national de la recherche scientifique, CNRS, communication personnelle). Les études de pollution aux métaux restent rares, mais des teneurs modérées en plomb (48 mg/kg) et importantes en cadmium (15 mg/kg) ont été mesurées dans le sédiment de la plage de Hann (DIANKHA, 2012).

Pêche et transport maritime

- 20 Des pirogues de pêche artisanale, des navires de pêche industrielle de différentes tailles, ainsi que des cargos transitent et stationnent dans les eaux côtières sénégalaises. Les bateaux industriels pratiquant le chalutage de fond détruisent les habitats benthiques et remettent en suspension les sédiments, incluant les polluants éventuellement accumulés. Les bateaux de pêche industriels rejettent fréquemment leurs prises accessoires qui se décomposent dans la colonne d'eau et sur les plages. Aussi, les débris d'engins de pêche (filets, casiers, bidons en plastique et flotteurs en polystyrène) constituent une partie importante des déchets observés en mer et sur les plages.
- 21 Le port autonome de Dakar, deuxième port industriel d'Afrique, se trouve en pleine ville. Il jouxte la baie de Hann, mais son emprise pour le stationnement des bateaux industriels couvre une vaste zone maritime qui englobe toute la baie de Hann, du Cap Manuel de Dakar au Cap Rouge à Yenne. Le trafic associé est évalué à 20 millions de tonnes en 2019. Parmi les activités du port à l'origine d'émission de pollution marine, citons la réparation navale, le terminal céréalier, l'embarquement et le débarquement d'huiles grâce aux conduites des huiliers (pipelines souterrains et aériens), l'import-export de vrac industriel solide comme le débarquement de soufre, houilles et clinker (constituant du ciment composé d'environ 80 % de calcaire et de 20 % d'aluminosilicates) et l'embarquement de phosphate et d'attapulgite, ainsi que le trafic pétrolier. Les pollutions les plus couramment observées sont les déversements accidentels de soufre, la présence continue d'exutoires d'effluents urbains dans le port, et le mélange d'hydrocarbures et de déchets flottants d'origine non déterminée (dégazage/rejets par les navires). Les bateaux industriels qui stationnent à l'intérieur du port ou dans sa partie maritime sont nombreux et génèrent une pollution sonore constante puisque les moteurs tournent en continu pour approvisionner le navire en énergie.
- 22 Enfin, le littoral ouest-africain a vu depuis une vingtaine d'années l'installation d'une soixantaine d'usines de farine de poisson qui, outre le fait d'entraîner une surpêche, un pillage des ressources halieutiques et la disparition du très productif secteur du fumage du poisson, entraîne aussi des pollutions par rejet de produits toxiques tant dans les mangroves et rizières que dans l'océan (GRAND et DIOP, 2018 ; DESCROIX et MARUT, 2015¹³).

Extraction de gaz et pétrole offshore

- 23 Les prospections menées au large du Sénégal ces dernières années ont mis en évidence la présence de puits d'hydrocarbures (gaz au nord de la presqu'île du Cabo Verde, pétrole et gaz au sud). Les concessions couvrent une grande partie de la zone économique exclusive sénégalaise depuis des zones côtières jusqu'à environ 200 km au large des côtes nord et sud, et environ 100 km de la presqu'île du Cabo Verde (Dakar), typiquement jusqu'à 4 000 m de profondeur (fig. 2A ; l'ensemble des concessions peut

être consulté sur la carte 2C de LE TIXERANT *et al.*, 2020). Les activités d'extraction offshore de pétrole ont débuté en 2019.

- 24 Ce type d'activité génère une pollution quotidienne liée au trafic des pétroliers, aux activités de transbordement, et aux rejets chroniques de fluides (ou « boues ») de forage et d'eau de production. Les boues de forage sont issues de la récupération des solides relevés lors des forages qui sont imprégnés d'hydrocarbures, mais surtout d'huiles de forage que l'on ajoute pour fluidifier l'ensemble des matériaux extraits. Pour un site de production, les dépôts représentent des milliers de tonnes, d'où la préoccupation environnementale. De plus, les eaux de production, encore appelées « eaux de gisement », remontent du gisement souvent sous forme d'émulsion dans le pétrole brut. Ces eaux sont séparées des hydrocarbures. Trois niveaux de normes encadrent le traitement de ces sous-produits et des risques liés à l'exploitation : les normes internationales, celles adoptées par les opérateurs, et celles prises par les pays concernés. Au Sénégal, la signature des accords d'Abidjan autorise *a priori* que les eaux de production soient rejetées en mer ou réinjectées, mais les boues d'exploitation doivent être transportées à terre¹⁴. Les effets à long terme des phases d'exploration et d'exploitation offshore seront donc en général liés aux rejets chroniques de faible niveau des fluides de forage et des eaux de production. Bien sûr, il existe aussi un risque d'accident et d'émission massive d'hydrocarbures en cas d'éruption pendant l'extraction ou de déversement pendant le transport.

Extraction de minerais

- 25 Le littoral d'Afrique de l'Ouest a vu apparaître d'autres types d'activités extractives ou primaires potentiellement polluantes. Le littoral lui-même (plages et dunes) contient localement des teneurs intéressantes en zircon, ilménite et rutile (titane) ; cela fait l'objet d'une exploitation depuis 2010 à Sanyang en Gambie, depuis 2014 à Diogo sur la Grande Côte sénégalaise (fig. 2A). Dans ce dernier cas, les éventuelles pollutions ne sont pas forcément susceptibles de gagner l'océan, le site d'extraction étant situé à 4 km à l'intérieur des terres. Il est à noter que deux sites au moins d'extraction (Kartung en Gambie et Varela-Sucujaque en Guinée-Bissau) ont été fermés à la demande des populations qui se sont plaintes des impacts nocifs de cette exploitation : rejets toxiques sur terre, rejets toxiques en mer, turbidités indésirables des eaux de mer et de mangrove. Un projet lié à une petite dune contenant un gisement de très forte teneur en métaux lourds (12 % contre 2 % sur les autres sites cités) est bloqué au nord du littoral casamançais, suite aux craintes des populations concernant les impacts possibles sur les rizières, sur les mangroves et sur les pêcheries (DESCROIX et MARUT, 2015).
- 26 Par ailleurs, les bassins des fleuves Sénégal, Gambie et Koliba/Corubal sont depuis quelques années des sites très importants d'exploitation aurifère sous la forme, d'une part de grandes mines des multinationales sud-africaines ou brésiliennes, d'autre part d'orpaillages plus ou moins clandestins, installés sur la terre ferme ou dans les cours d'eau. Les rejets, connus pour être très toxiques (mercure, cyanure, etc.), de ces activités ne risquent-ils pas d'arriver un jour en mer ou dans les mangroves littorales ?

Grands projets d'aménagements côtiers

Usine de désalinisation

- 27 Le projet d'usine de désalinisation sur le site des Mamelles de Dakar prévoit une production initiale de 50 000 m³/j et à terme de 100 000 m³/jour d'eau potable. Le processus d'osmose inverse qui implique de filtrer l'eau pompée en mer à très haute pression au travers de membranes est un processus très énergivore. Une pollution marine locale, liée à la production de saumure et aux produits chimiques toxiques utilisés pour le traitement des eaux et le nettoyage des conduites (acide sulfurique, acide chlorhydrique, soude caustique, acide citrique, chlore gazeux, etc.), est attendue. Malgré la validation de l'étude d'impact environnemental par les parties prenantes, le pompage et le rejet des eaux traitées à proximité des plages et de la zone abritant un récif artificiel réglementé par les pêcheurs de Ouakam, continue de susciter diverses préoccupations environnementales. L'absence d'état de référence de l'écosystème local rendra par exemple difficile l'évaluation des conséquences de l'altération du milieu par le rejet de saumure, mais aussi des produits chimiques toxiques utilisés (dont les volumes n'ont pas été quantifiés dans l'étude d'impact). La forte salinité peut notamment provoquer une réduction de l'oxygène dissous dans les eaux réceptrices, et *in fine* avoir des impacts importants sur les organismes benthiques, lesquels peuvent se répercuter sur l'ensemble de l'écosystème. En outre, les conséquences de la pollution sonore sous-marine induite par les installations de pompage restent difficilement appréciables.

Ports industriels

- 28 Quatre nouvelles infrastructures sont prévues dans le cadre du plan Sénégal émergent (PSE¹⁵). Dans les écosystèmes de mangroves du Sine-Saloum et de Casamance, particulièrement sensibles aux pollutions aux hydrocarbures (Duke, 2016), trois terminaux d'hydrocarbures (débarcadères spécialisés, zones de stockage et systèmes de chargement/déchargement : pipes, etc.) devraient s'implanter à Kaolack, Ndakhonga-Foundiougne (Sine-Saloum) et Ziguinchor (Casamance). La réalisation de ces infrastructures multiplierait inévitablement les zones d'émissions potentielles de pollution dans le milieu marin, au moment de leur construction puis de leur exploitation. Les risques de dispersion des contaminants sur l'ensemble de ces écosystèmes sont augmentés par la forte dynamique hydrologique largement méconnue qui caractérise ces régions (voir la partie consacrée au rôle de la dynamique océanique dans le devenir des polluants).
- 29 Concernant la région côtière, le projet de port minéralier et vraquier de Bargny ainsi que le projet de port multifonctions de Ndayane, situés dans la prolongation de la baie de Hann, pourraient générer des nuisances environnementales comparables à celles de l'actuel port de Dakar. Le déplacement des activités industrielles existantes vers ces zones pourrait diminuer les sources de pollution au niveau de l'actuel port de Dakar. En revanche, il augmente la vulnérabilité des écosystèmes de mangrove et de la zone peu profonde du plateau continental de la petite côte qui est une zone de rétention dont la fragilité et le rôle pour la reproduction des ressources halieutiques ont été mis en évidence (par ex. TERASHIMA *et al.*, 2007 ; ECOUTIN *et al.*, 2010 ; MBAYE *et al.*, 2015 ; SADIO *et al.*, 2015 ; NDOYE *et al.*, 2017).

Les risques pour l'écosystème

- 30 L'effet de l'exposition d'un écosystème marin à un polluant va dépendre à la fois de la nature du polluant, du devenir de ce dernier (dans l'environnement et au sein de l'organisme), du niveau d'exposition et des organismes exposés. Cette section expose les principes généraux des conséquences de l'exposition des organismes marins aux polluants, et présente des exemples de perturbations à différents niveaux d'organisation.

Principes généraux

- 31 Les réactions des organismes à une pollution se manifestent à quatre niveaux d'organisation biologique : (1) biochimique et cellulaire ; (2) organisme, y compris l'intégration des réponses physiologiques, biochimiques et comportementales ; (3) population, y compris les modifications de la dynamique des populations ; et (4) communauté, entraînant des modifications de la structure et de la dynamique des communautés (par ex. CAPUZZO, 1987).
- 32 De manière générale, les premières réactions des organismes à l'exposition à une pollution consistent à mettre en place des mécanismes permettant de résister ou de réduire l'impact de substances toxiques ou d'un stress. Dans le cas de l'exposition à un polluant toxique par exemple, la réaction va se faire par l'induction de processus de métabolisation des substances toxiques (au niveau biochimique), ou par la sélection de formes résistantes aux substances toxiques (au niveau de la population). Les effets biologiques des polluants peuvent se manifester à différents niveaux avant que les perturbations ne soient observées au niveau de la population. Toutes les réponses ne sont pas néfastes par nature et n'entraînent pas nécessairement une dégénérescence au niveau suivant de l'organisation biologique. Ce n'est que lorsque les mécanismes de compensation ou d'adaptation à un niveau donné commencent à échouer que les effets délétères se manifestent au niveau suivant (CAPUZZO, 1981). Les processus adaptatifs sont capables de contrer les processus perturbateurs jusqu'à ce que le système atteigne un seuil de toxicité au-delà duquel le potentiel adaptatif est dépassé par la dégénérescence imposée au système par ces perturbations.
- 33 Un polluant peut s'accumuler le long d'une chaîne trophique, mais il peut aussi être résorbé par certains organismes qui atténuent ainsi cette accumulation. Néanmoins, quel que soit l'organisme, les réactions induites par l'exposition de ce dernier à une pollution peuvent perturber le métabolisme, modifier les comportements, et induire des coûts énergétiques qui se font bien souvent au détriment de sa maintenance, de sa croissance et/ou de sa reproduction. Les différences en termes de capacité d'adaptation des différentes espèces peuvent avoir des conséquences très importantes sur la structure des communautés.

Exemples de perturbations et de réponses des organismes

- 34 Dans cette partie, nous illustrons les réactions des organismes à différents niveaux d'organisation à partir d'exemples étudiant les réponses d'espèces rencontrées au Sénégal (ou de rang taxonomique proche) et de types de pollution affectant la région.

Perturbation biochimique des cellules : huîtres et plastiques

- 35 La présence de débris plastiques dans l'océan a été rapportée depuis les années 1970 (CARPENTER et SMITH, 1972). Ils sont aujourd'hui ubiquistes et leur présence dans les eaux du Sénégal est renforcée par les pollutions locales. Les plastiques modernes sont constitués d'un mélange complexe de polymères, de monomères résiduels et d'additifs chimiques. Dans l'environnement, la fragmentation des débris plastiques par photo-oxydation, action mécanique ou biodégradation, génère des particules de petites tailles nommées microplastiques (1 μm à 5 mm) ou pour les plus petits, nanoplastiques (< 1 μm). Ces déchets secondaires représenteraient entre 97 et 99,9 % de la contamination océanique par les plastiques (TALLEC, 2019). La présence de particules de taille nanométrique est importante dans un contexte écologique, car cette taille leur permet de franchir les barrières biologiques et de pénétrer dans les cellules. Plusieurs études ont mis en évidence la sensibilité des premiers stades de vie de l'espèce d'huître *Crassostrea gigas* (première espèce aquacole au niveau mondial) à une exposition à des nanosphères de polystyrène (SUSSARELLU *et al.*, 2016 ; TALLEC, 2019). TALLEC *et al.* (2020) montrent que des nanosphères de 50 μm ont induit une toxicité aiguë sur les spermatozoïdes, les ovocytes, la fécondation et le développement embryo-larvaire de *C. gigas*. Au vu de l'absence de processus d'ingestion chez les gamètes et embryons de l'huître, la toxicité des nanosphères est liée aux contacts directs avec la barrière externe de ces cellules, c.-à-d. leur membrane cellulaire. Cette dernière est une structure complexe et dynamique composée de deux grandes familles de macromolécules, les lipides formant la bicouche lipidique et les protéines qui y sont insérées (protéines transmembranaires) ou attachées (protéines périphériques). Les protéines transmembranaires jouent des rôles essentiels dans l'homéostasie (ex. canaux ioniques) et la communication avec le milieu intracellulaire. Leur activité dépend de leur conformation spatiale qui est dirigée par l'état de la bicouche lipidique (WEIL *et al.*, 2009). Cette étude montre qu'une modification des propriétés physiques de la membrane, liée à l'adsorption de nanoplastiques, peut induire des effets néfastes dans le fonctionnement cellulaire.

Perturbation des organismes : oiseaux marins, éléments traces métalliques et hydrocarbures

- 36 Les premières études sur les effets des polluants sur les oiseaux se sont concentrées sur la mortalité directe (BELLROSE, 1959), mais les travaux postérieurs ont démontré un large éventail d'effets sublétaux sur le développement, la physiologie et le comportement des individus. Les effets sublétaux des polluants sur les oiseaux de mer comprennent les déficits de reproduction (AINLEY *et al.*, 1981), la tératogénicité et l'embryotoxicité (HOFFMAN, 1990), l'amincissement de la coquille des œufs (RISEBROUGH, 1986), l'induction d'enzymes (FOSSI *et al.*, 1989 ; RONIS *et al.*, 1989), des effets sur la fonction endocrinienne (PEAKALL *et al.*, 1973 ; PEAKALL, 1992) et des anomalies comportementales des adultes et des jeunes (BURGER et GOCHFELD, 1985, 2000 ; BURGER, 1990).
- 37 DIANKHA *et al.* (2019) ont étudié le niveau de contamination aux éléments traces métalliques (ETM) et aux hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) de quatre espèces d'oiseaux marins du Sénégal (la sterne caspienne *Sterna caspia*, la sterne royale *Sterna maxima*, le goéland railleur *Larus genei*, la mouette à tête grise

Chroicocephalus cirrocephalus). Des œufs de ces espèces ont été prélevés dans les parcs nationaux de la langue de Barbarie et du delta du Saloum (fig. 2B), deux sites de reproduction de ces espèces sous statut d'aires marines protégées qui se situent à proximité de sites d'exploitation à venir d'hydrocarbures. L'ensemble des espèces se sont avérées contaminées par les HAP et les ETM. Le benzo(a)pyrène, un des HAP les plus toxiques, est le composé le plus présent dans les œufs de trois des quatre espèces analysées. Les concentrations du benzo(a)pyrène dans les contenus des œufs de sterne royale et de mouette à tête grise sont au-dessus de la concentration létale médiane (causant la mort de 50 % des individus d'une population) définie pour une espèce comme le canard colvert¹⁶.

- 38 Parmi les ETM, le plomb est le métal qui présente la plus forte concentration dans les œufs des espèces étudiées. Le plomb provient principalement de processus industriels, de la combustion d'essence au plomb, des eaux de ruissellement, des pratiques agricoles, de la peinture au plomb érodée et, dans une certaine mesure, de processus naturels tels que l'érosion et le volcanisme. Pendant trois décennies, les niveaux de contamination au plomb et leurs effets chez les oiseaux de mer nichant dans la région de New York-New Jersey ont été étudiés en laboratoire et sur le terrain. Ces recherches ont montré que le plomb affecte un large éventail de comportements chez les poussins, notamment la locomotion, l'équilibre, la mendicité, l'alimentation, la croissance et les capacités cognitives qui, à leur tour, affectent la survie dans la nature (BURGER, 1990 ; BURGER *et al.*, 1994 ; BURGER et GOCHFELD, 1997).

Perturbations de populations : copépodes, sardinelles, et réchauffement

- 39 Étudier les conséquences d'une pollution à l'échelle de la population d'une espèce requiert des observations inscrites dans un temps suffisamment long. Le nombre d'exemples documentés de tels impacts reste ainsi relativement limité. Grâce à un dispositif de collecte du zooplancton installé sur des bateaux assurant des lignes commerciales en Atlantique Nord depuis les années 1930 (*continuous plankton recorder*, WARNER et HAYS, 1994), BEAUGRAND *et al.* (2002) ont pu montrer qu'en réponse au réchauffement de l'océan, des changements à grande échelle s'étaient produits dans la biogéographie des organismes zooplanctoniques copépodes calanoïdes dans l'est de l'océan Atlantique Nord et dans les mers épicontinentales européennes. En une quarantaine d'années (1960-1999), les espèces de copépodes d'eau chaude se sont retrouvées jusqu'à 10° plus au nord, extension qui s'est associée à une diminution du nombre d'espèces d'eau froide. Ce type de déplacement est cohérent avec la réponse générale observée et attendue en réponse au changement climatique (HASTINGS *et al.*, 2020).
- 40 Plusieurs études suggèrent également que la population de sardinelles (*Sardinella aurita*) d'Afrique de l'Ouest effectue des migrations de plus en plus au nord dans le système des Canaries (SARRÉ, 2017 ; KIFANI *et al.*, 2019). En utilisant des séries chronologiques d'observations indépendantes, SARRÉ (2017) a montré un déplacement vers le nord de la distribution de *S. aurita* depuis 1995. Les changements spatiaux observés au cours des vingt dernières années peuvent être reliés aux changements observés dans les températures de surface, les années chaudes étant associées à une population plus au nord. KIFANI *et al.* (2018) soulignent néanmoins qu'il est difficile de déterminer la

contribution relative du changement climatique, de la variabilité naturelle et de l'exploitation sur la dynamique de cette population sur les dernières décennies.

Perturbation des communautés : poissons et algues

- 41 Pour un ETM comme le mercure, il a été montré par exemple que la bioaccumulation peut être très variable chez les espèces de poissons marins rencontrées sur le plateau sénégalais (LE CROIZIER *et al.*, 2019). L'impact de l'écologie trophique et de l'habitat sur l'accumulation de mercure a été analysé à travers la concentration totale de mercure et les rapports isotopiques stables du carbone et de l'azote (qui renseignent sur le régime alimentaire) dans le muscle de poissons appartenant à 23 espèces différentes. L'occupation de l'espace, à la fois sur la verticale et en termes de distance à la côte, entraîne une accumulation différentielle de mercure, les poissons côtiers et démersaux étant plus contaminés que les espèces hauturières et pélagiques (fig. 3). La proximité aux sites urbains les plus anthropisés est également un facteur d'amplification de la pollution des organismes marins (DIOP *et al.*, 2016, 2017). Pour les individus d'une même espèce et d'un même site, la variation du contenu en mercure s'explique principalement par la longueur des poissons, en accord avec l'hypothèse de bioaccumulation du mercure au fil du temps.

Figure 3. Contamination au mercure des communautés de poissons

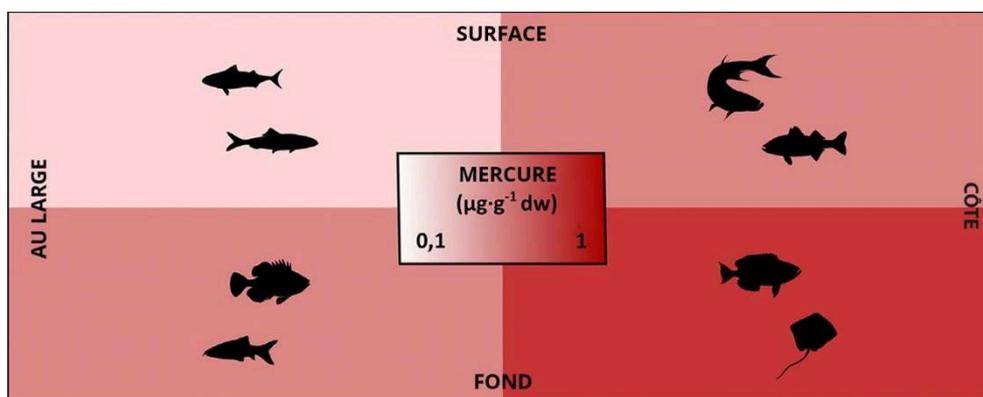


Schéma de contamination au mercure pour des poissons pêchés en mer pendant la campagne AWA 2014. L'habitat vertical (c'est-à-dire la répartition sur la colonne d'eau) et horizontal (c'est-à-dire la distance par rapport à la côte) a entraîné une accumulation différentielle de mercure entre les espèces. Les poissons côtiers et démersaux étaient plus contaminés que les espèces hauturières et pélagiques.

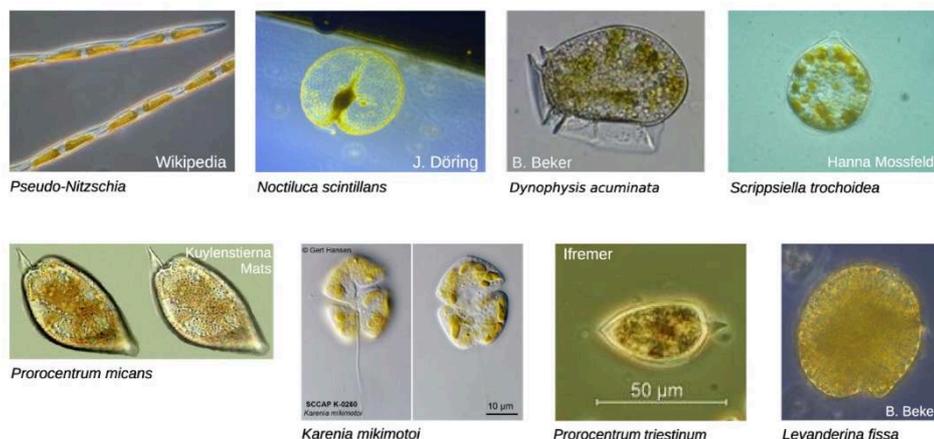
Source : LE CROIZIER *et al.* (2019)

- 42 Des données provenant d'études en laboratoire et sur le terrain soutiennent l'hypothèse selon laquelle le mercure présent dans l'environnement aquatique a un impact négatif sur la santé reproductive des poissons (CRUMP et TRUDEAU, 2009). Dans des études d'alimentation contrôlée, la consommation de régimes contenant du mercure (sous forme de méthylmercure) à des concentrations réalistes entraîne une série d'effets toxiques chez les poissons, notamment des changements comportementaux, neurochimiques et hormonaux (SCHEUHAMMER *et al.*, 2007). Certaines variations notables de la réponse à l'exposition au mercure peuvent être attribuées à un ou plusieurs des facteurs suivants : l'espèce, le stade de vie, l'état de développement gonadique, la voie d'exposition, la durée d'exposition, la spéciation du mercure et sa concentration. Même s'il est difficile de mettre en évidence ces changements sur le terrain, l'exposition à

long terme des poissons au mercure est donc susceptible d'impacter la structuration des communautés de poissons.

- 43 Les conséquences de perturbations anthropiques sur les communautés planctoniques ont également été identifiées. Les efflorescences d'algues nuisibles (HAB pour *harmful algal blooms*) menacent de plus en plus la viabilité économique de la pêche et de l'aquaculture, la santé et la diversité des écosystèmes, ainsi que les activités récréatives déployées dans certaines régions. Ces algues nuisibles peuvent notamment produire des toxines paralysantes, diarrhéiques ou amnésiques pour les humains qui les consomment indirectement à travers les mollusques. D'autres toxines peuvent affecter différentes composantes des écosystèmes marins (ex. ichtyotoxines, yessotoxines). Ces HAB peuvent également avoir des effets importants sur les écosystèmes lorsque la dégradation d'algues ayant proliféré entraîne des hypoxies ou des anoxies (COCKCROFT, 2001 ; GRANTHAM *et al.*, 2004 ; HERNÁNDEZ-MIRANDA *et al.*, 2010). Au Sénégal, des conditions hypoxiques sont rencontrées de manière intermittente dans les eaux de fond le long de la partie médiane et externe du plateau (fig. 2A et 2B) vraisemblablement en lien avec la dégradation de fortes efflorescences (MACHU *et al.*, 2019).
- 44 L'eutrophisation¹⁷ des zones côtières est un des mécanismes mis en avant pour expliquer l'augmentation du nombre de HAB à travers le monde (ex. HEISLER *et al.*, 2008 ; GLIBERT *et al.*, 2005). Au-delà de ce phénomène d'eutrophisation, la biodiversité du phytoplancton est altérée par les bateaux marchands qui introduisent des micro-organismes exotiques dans tous les écosystèmes du monde (ex. BAX *et al.*, 2003). L'évolution des conditions environnementales en réponse au changement climatique joue également sur les mécanismes de compétition entre espèces (EDWARDS *et al.*, 2006 ; HEISLER *et al.*, 2008 ; FU *et al.*, 2012). Il est ainsi prévu que le changement climatique aura des effets importants sur la fréquence et l'abondance des HAB en raison de la complexité des facteurs pouvant changer et des effets combinés que ces derniers (température, acidification, salinité, ensoleillement, stratification) peuvent avoir sur la croissance ou l'habitat des HAB (FU *et al.*, 2012).
- 45 Au-delà des algues nuisibles, ces changements sont susceptibles de modifier les assemblages planctoniques. Une étude a par exemple documenté ce type de changement potentiel. Le nord de la mer d'Oman a connu un changement radical dans la composition des efflorescences phytoplanctoniques hivernales qui se composaient auparavant principalement de diatomées et sont maintenant remplacées par des proliférations d'un grand dinoflagellé, *Noctiluca scintillans* (DO ROSÁRIO GOMES *et al.*, 2014). Ces efflorescences de *N. scintillans* sont facilitées par un afflux sans précédent d'eaux appauvries en oxygène et par l'extraordinaire capacité de son endosymbiote, *Pedinomonas noctilucae*, à fixer le carbone plus efficacement que d'autres phytoplanctons dans des conditions appauvries en oxygène. De tels changements sont susceptibles de perturber la chaîne alimentaire traditionnelle maintenue par les diatomées au détriment des pêcheries régionales et la santé à long terme d'un écosystème abritant une population côtière de près de 120 millions de personnes.
- 46 Ces dernières années, neuf espèces d'algues potentiellement toxiques parmi les 28 espèces répertoriées dans les écosystèmes d'*upwelling* de bord Est ont été échantillonnées au large du Sénégal (fig. 4). À notre connaissance, aucun suivi de ces algues n'est à ce jour mis en place au Sénégal, que ce soit dans un contexte de sécurité alimentaire, ou sanitaire.

Figure 4. Algues potentiellement toxiques des eaux côtières parmi les 29 espèces d'algues nuisibles rencontrées dans les systèmes d'*upwelling* (TRAINER *et al.*, 2010)



Neuf espèces ont été identifiées par microscopie dans les échantillons collectés depuis 2013 dans les eaux côtières sénégalaises.

Source : E. Machu, T. Brochier, X. Capet, S. Ndoye, I. Sidiki Ba, L. Descroix

Rôle de la dynamique océanique dans le devenir des polluants

- 47 Les pollutions ont jusqu'à présent fait l'objet d'une attention relativement limitée, en particulier lorsqu'elles ne conduisent pas à des atteintes majeures sur le littoral. Malgré le fait que les sources de pollutions soient essentiellement concentrées dans certaines zones littorales et côtières, les propriétés dispersives du milieu marin tendent généralement à limiter les accumulations locales dans la colonne d'eau (mais pas nécessairement dans les sédiments marins, MARTIN *et al.*, 2017 ; LUOMA, 2018). L'océan est donc, en première approximation, une gigantesque décharge capable de diluer rapidement de grandes quantités de substances polluantes miscibles dans l'eau. Dans le cas de débris ou de matières flottant à la surface de l'océan, des effets d'accumulation sont possibles et posent des problèmes spécifiques. La dilution/dispersion/accumulation de substances polluantes liquides ou solides peut résulter d'un grand nombre de processus physiques, essentiellement de nature turbulente. Différents processus agissent à différentes échelles spatiales avec une intensité propre qui dépend des conditions environnementales et du type de polluant considéré.
- 48 Les environnements côtiers soumis à un régime de vent d'*upwelling*, comme c'est le cas au large des côtes ouest-africaines, sont considérés comme peu enclins à subir des pollutions marines du fait des caractéristiques générales de leur circulation. Dans la vision simplifiée dite « 2D verticale » d'un *upwelling* côtier, la circulation côte-large est principalement forcée par le vent et prend la forme représentée sur la figure 5. Du fait de la rotation de la Terre, l'effet de la friction du vent chasse les eaux de surface vers le large. Celles-ci sont remplacées par des eaux profondes qui remontent à la côte. Dans ce contexte, des sources de pollutions littorales peuvent contaminer les eaux résurgentes, mais celles-ci sont systématiquement transportées au loin et l'accumulation de

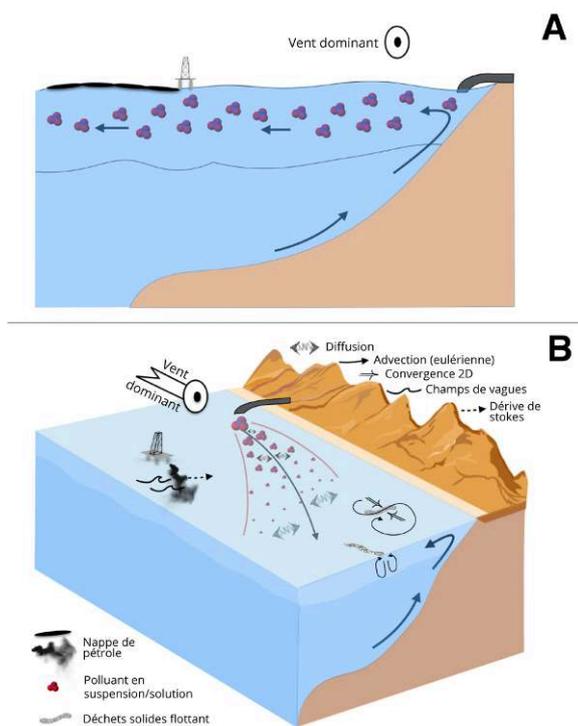
matières polluantes est donc a priori fortement réduite. Ceci est cohérent avec les simulations globales de dérive de micro-plastiques présentées par ONINK *et al.* (2019). Le brassage par les tourbillons méso et sous-méso échelle qui accompagne la dynamique d'*upwelling* participe lui à la dilution rapide des polluants introduits dans le milieu.

49 Le risque d'atteinte à la côte de fuites d'hydrocarbures est lui aussi considéré comme limité du fait de la circulation induite par le vent. Ceci est toutefois à nuancer. Les nappes de pétrole, fréquemment confinées en surface, et les déchets solides flottants, sont transportés de manière distincte des déchets en suspension ou en solution dans la colonne d'eau, car :

- l'équilibre dynamique dominant entre force de Coriolis et friction du vent sur l'océan induit des vitesses (d'Ekman) vers le large qui sont plus faibles exactement à la surface de l'océan que dans la couche mélangée maintenue par le vent (typiquement 10 à 30 m d'épaisseur) ;
- le champ des vagues est également responsable d'une dérive des substances et (micro-) objets piégés en surface (dérive de Stokes, Ardhuin *et al.*, 2009). Cette dérive de Stokes peut induire des vitesses du même ordre de grandeur que la circulation d'Ekman. Le transport s'effectue dans la direction de propagation de la houle/des vagues, c'est-à-dire en général vers la côte le long de la façade sénégalaise. Selon le type de polluant, un effet de prise au vent (fardage) peut également contribuer au transport. Les vents présentent une composante ouest de février-mars jusqu'en octobre-novembre et contribuent également à renforcer le transport vers la côte ;
- aux échelles horizontales d'une dizaine de kilomètres à quelques dizaines de mètres, des convergences des courants de surface sont capables d'agréger très efficacement des polluants piégés en surface le long de lignes de front, bien visibles par temps calme (cellules de Langmuir, McWilliams *et al.*, 1997 ; fronts sous-méso échelle, Capet *et al.*, 2008). Les processus sous-jacents sont génériques et leur nature est turbulente. L'orientation en partie aléatoire des lignes de front et de leurs circulations associées peut conduire à rapprocher ou éloigner les agrégations de matériels polluants du littoral.

50 Au-delà de ces processus généraux, les spécificités locales de certains secteurs côtiers soumis à l'*upwelling* peuvent conduire à des patrons de circulation qui diffèrent sensiblement de la situation typique présentée dans la figure 5. C'est en particulier le cas au voisinage de baies et de caps où des méandres et des recirculations quasi permanentes existent fréquemment (LARGIER, 2020). Le long des côtes sénégalaises, l'obstacle géomorphologique constitué par la presqu'île du Cabo Verde structure très fortement la circulation, au nord comme au sud. Il en résulte en particulier que les courants moyens de surface dans la zone située juste sous le cap sont préférentiellement dirigés vers la côte (fig. 2). Contrairement à ce qui peut être anticipé des connaissances génériques sur la circulation en zone d'*upwelling*, d'éventuelles fuites de pétrole aux puits prévus pour entrer en exploitation dans les prochaines années, pourraient, même en période d'*upwelling*, affecter la zone du plateau continental au nord comme au sud de Dakar et en particulier le littoral de la baie de Hann et de la Petite Côte (fig. 6). En période d'hivernage (juillet à septembre/octobre), les vents dominants plus faibles et de secteur ouest conduisent à des modifications substantielles de la circulation sur le plateau continental caractérisées par : une connexion relativement directe du talus vers le plateau au sud de Dakar *via* le transport par les courants de surface ; une circulation stagnante sur la partie interne du plateau, ce qui est nécessairement préjudiciable à la dispersion de polluants (fig. 6).

Figure 5. Processus physiques et devenir de polluants



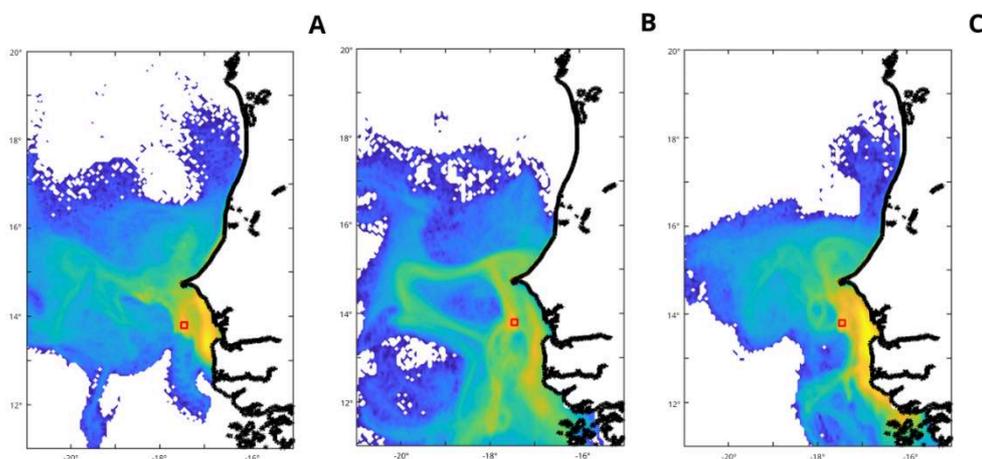
Représentation schématique de la circulation classiquement attribuée aux zones côtières soumises au processus d'*upwelling*, sous l'action d'un vent soufflant parallèlement à la côte dans la direction de l'Équateur pour une côte orientée Nord-Sud

A. Dans le cadre le plus simple, la circulation transverse (« *cross-shore* ») est constituée d'une cellule d'Ekman qui remonte des eaux du large à la côte et transporte les eaux de surface situées dans la couche mélangée par l'effet du vent vers le large (transport d'Ekman). Dans ce contexte, des polluants introduits dans l'océan au rivage ou en mer sont emmenés vers le large.

B. Dans un cadre plus réaliste, le transport vers le large est accompagné d'effets de dispersion/diffusion latérale qui concernent tous les types de polluants ainsi que d'effets spécifiques qui touchent les polluants confinés en surface (nappes de pétrole, plastiques, etc.). Ces effets sont la dérive sous l'effet des vagues (dérive de Stokes) qui s'effectue dans la direction de propagation des vagues/de la houle ; la convergence horizontale (2D) le long de lignes de fronts produits par des structures méso-/sous-méso-échelle (MUNK *et al.*, 2000) ou d'autres formes de circulations impliquant des vitesses verticales (par ex. cellules de Langmuir, MCWILLIAMS *et al.*, 1997)

Source : E. Machu, T. Brochier, X. Capet, S. Ndoye, I. Sidiki Ba, L. Descroix

Figure 6. Dispersion d'hydrocarbures



Simulation de la dispersion d'hydrocarbures émis de manière continue pendant 30 jours (mois de juin) au niveau du site d'exploitation « Sangomar offshore » (rectangle rouge)

La carte A présente la moyenne de la dispersion sur la période 2001-2009. La variabilité interannuelle de la circulation, et donc de la dispersion, est illustrée par les cartes de juin 2004 (carte B) et juin 2005 (carte C). Ces cartes sont générées par le transport lagrangien de particules flottantes dans les champs de courant issus d'une expérience de modélisation régionale menée à partir du modèle ROMS à une résolution spatiale de 1/60^e de degré.

Source : E. Machu, T. Brochier, X. Capet, S. Ndoye, I. Sidiki Ba, L. Descroix

- 51 Sur la base des connaissances disponibles en termes d'échanges talus-plateau continental (NDOYE *et al.*, 2018), de l'étude de dispersion de MURAWSKI *et al.* (2019) et d'une étude en cours (fig. 6), le plateau interne est donc sujet à d'importants risques de pollution en cas de fuites d'hydrocarbures depuis Kayar, et surtout le secteur Sangomar offshore (fig. 2) où l'exploitation de pétrole profond doit démarrer en 2023. Des impacts potentiels à grande distance sont également identifiés, jusqu'à l'aire marine protégée du banc d'Arguin au nord, et jusqu'au sanctuaire de biodiversité de l'archipel des Bijagos en Guinée-Bissau (fig. 6 ; figure 19.1.C in MURAWSKI *et al.*, 2019).
- 52 La circulation typique à proximité et au sud de Dakar est également responsable de conditions particulièrement favorables à la reproduction d'organismes marins dont les premiers stades de vie sont pélagiques : remontée d'eaux d'*upwelling* concentrées dans la baie de Hann (fig. 2 ; NDOYE *et al.*, 2018) ; forte rétention des eaux upwellées sur le plateau. Ceci permet aux premiers stades de vie de nombreuses espèces marines d'évoluer dans un environnement côtier enrichi (Fréon, 1988 ; MBAYE *et al.*, 2015)¹⁸.
- 53 Toutes ces inférences sont faites sur la base de simulations dont le réalisme en termes de courantologie nécessiterait d'être évalué finement (voir NDOYE, 2016 et NDOYE *et al.*, 2017 pour une évaluation générale encourageante du modèle), ce qui n'est pas possible actuellement compte tenu de la rareté des observations de courant existantes. Malgré des mesures ponctuelles plus ou moins longues depuis 2012 (CAPET *et al.*, 2017 ; MACHU *et al.*, 2019 ; TALL *et al.*, 2021), la circulation de référence pour la zone sud du plateau continental sénégalais reste celle de REBERT et PRIVÉ (1974) qui présente de nombreuses limites et probables biais, en particulier du fait de la faible durée des stations et mesures (< 10 min par profondeur à chaque station) et de la non-prise en compte des courants de marée dont nous savons désormais qu'ils dominent la circulation perpendiculaire à la côte (CAPET *et al.*, 2017).

- 54 Les travaux numériques sur la dispersion d'hydrocarbures illustrent bien l'importance d'une bonne connaissance *in situ* dans la mise en place d'approches de gestion des risques liés aux pollutions en environnement côtier et, plus généralement, dans le cadre de la planification spatiale des espaces marins. Ces remarques valent bien évidemment pour les études d'impact réalisées récemment en vue de l'exploitation pétrolière (blocs¹⁹ « Rufisque offshore profond » et « AGC profond » ; cartographie du droit de l'environnement marin Sénégal Pétrole et Gaz Paddle) qui, pour certaines, ont été réalisées à partir de sorties de modèles de circulation globaux, peu adaptés à la représentation de la dynamique du plateau continental, et dont la circulation sur le plateau sénégalais présente des différences sensibles avec celle présentée par REBERT et PRIVÉ (1974) ou NDOYE *et al.* (2017).
- 55 La circulation dans les milieux estuariens connectés au plateau sénégalais (Sine-Saloum, Casamance) et leurs échanges fluides avec celui-ci ont fait l'objet de très peu d'études. Les courants de marée sont intenses et d'une extraordinaire complexité, et leur résiduel (moyenne sur un cycle complet) inconnu. Ces estuaires sont également des bassins d'évaporation pendant une grande partie de l'année. Il en résulte une composante de circulation de gravité additionnelle semblable, sur le principe, à celle observée en Méditerranée : entrée d'eaux relativement peu salées en surface et sorties d'eaux denses/salées en profondeur en lien avec l'existence d'une stratification malgré la faible profondeur (environ 10 m typiquement, Capet *et al.*, 2019). Compte tenu de cela, l'intrusion de pétrole jusqu'au plateau interne sud-sénégalais (fig. 6) apparaît comme un risque qu'il convient de quantifier (et, le cas échéant, prévenir). Les temps de résidence de polluants émis au sein des estuaires sont également inconnus, mais vraisemblablement longs (mois à années). Des travaux de modélisation estuarienne initiés récemment (Ndom B. et Echevin V., communication personnelle) fourniront à terme des éléments précieux pour clarifier les enjeux et guider d'éventuelles stratégies de prévention ou de remédiation.

Conclusions et recommandations

- 56 Les revues annuelles, rédigées par la division « réponses d'urgence » de la NOAA (*Emergency Response Division, National Oceanic And Atmospheric Administration*), des principales publications ayant étudié les effets de la pollution sur les organismes marins (ex. MEARNES *et al.*, 2018, 2019, 2020), illustrent d'une part, la diversité des sources de pollution et, d'autre part, la diversité de leurs effets en fonction des organismes exposés. Au Sénégal, les activités humaines génèrent des pollutions diverses dont les compositions sont méconnues et les volumes mal quantifiés. Ces sources de pollutions viennent s'ajouter aux perturbations d'origine anthropique non décrites ici qui affectent l'ensemble du globe, à savoir le réchauffement, l'acidification et la désoxygénation des océans. Les polluants affectent tous les niveaux d'organisation biologique et le Sénégal n'est pas épargné par les nombreuses menaces associées à ces pollutions. Nous avons vu que les effets de ces polluants peuvent être importants et qu'ils agissent de concert. Les effets combinés sur les espèces qui composent l'écosystème marin restent cependant inconnus. La circulation océanique peut également produire des situations beaucoup plus diversifiées que ce qui est généralement envisagé dans la zone (c'est-à-dire la dilution et l'export rapide vers le

large des pollutions). Pour les polluants confinés en surface, il peut y avoir des effets d'accumulation forts impliquant une combinaison de processus.

- 57 La figure 2 fait apparaître des zones clés pour l'écosystème que ce soit pour les phases vulnérables du cycle de vie des poissons (larves, juvéniles), et/ou comme « hotspot » de biodiversité. Le plateau interne sud-sénégalais est d'une manière générale une zone écologiquement importante grâce aux conditions physiques discutées dans la partie consacrée au rôle de la dynamique océanique dans le devenir des polluants. Du nord au sud, les estuaires du fleuve Sénégal, du Sine-Saloum, du fleuve Gambie et de la Casamance, représentent également des sites clés pour les coquillages (voir le **chapitre 6**) ou certaines espèces de poissons (Bainbridge, 1963 ; Simier *et al.*, 2004 ; Ecoutin *et al.*, 2010 ; Sloterdijk *et al.*, 2017 ; Döring *et al.*, 2017). En termes de conservation, ces zones estuariennes abritent une grande biodiversité (Dia, 2012) dont quelques espèces de mammifères marins (Van Waerebeek *et al.*, 1997 ; Perrin et Van Waerebeek, 2007 ; Keith-Diagne *et al.*, 2021), et représentent des sites sensibles²⁰ pour de nombreuses espèces d'oiseaux²¹.
- 58 Les zones clés identifiées dans la figure 2 concentrent par ailleurs un grand nombre d'activités humaines : pêche artisanale, tourisme, transport maritime lié aux infrastructures portuaires. Elles subissent également des pollutions locales que ce soit du fait de l'importance et de la chronicité des sources de polluants (baie de Hann et Petite Côte) ou de la longueur des temps de résidence (estuaires). Il faut ajouter à cela l'existence de risques délocalisés, en particulier liés aux fuites d'hydrocarbures, qui peuvent affecter l'ensemble de la région marine et auraient un impact particulièrement notable en milieu littoral. Les figures 5 et 6 illustrent le fait que la circulation et les processus dynamiques connectent les zones de pollution aux zones écologiques sensibles et sont donc susceptibles de leur faire peser des risques d'origine distante. La saisonnalité des conditions hydrodynamiques le long des côtes sénégalaises constitue également un élément important à prendre en compte dans le rôle que la circulation peut jouer sur le transport et la dispersion des polluants (fig. 2).
- 59 Dans une perspective de planification spatiale marine, ces différents éléments conduisent à identifier des *zones sensibles* sur la base de critères écologiques, des risques liés aux sources de pollution, et de leur rôle socio-économique et culturel. Dans l'état actuel des connaissances, il nous semble légitime de considérer la totalité du plateau interne et des estuaires comme zones critiques. En pratique, les zones ainsi définies sont des lieux de conflits d'usage entre activités de pêche, de tourisme, et industrielles. De nombreux éléments compliquent *a priori* fortement la mise en place d'un processus de planification spatiale de l'environnement marin (Ehler *et al.*, 2019), car de nombreux projets de développement affichent une tendance lourde d'approches « top-down » (exemple du projet de port multifonction de Ndayane²²) et s'inscrivent dans une régulation faible des industries polluantes, ou de la pêche artisanale (statut des aires marines protégées, AMP, insatisfaisant, Cormier-Salem, 2015). À défaut et dans l'attente d'hypothétiques conditions plus favorables, il semble important de suivre les recommandations suivantes.
- *Prioriser le travail sur les sources (amont)* : anticiper les risques liés à l'implantation de nouvelles infrastructures (usine de désalinisation, port de Ndayane), s'assurer qu'un budget conséquent et des ressources humaines pérennes soient alloués au contrôle et au maintien des normes strictes de prévention en termes de pollution, et mettre en œuvre des réponses d'urgence. Le projet de dépollution de la baie de Hann fait partie des aménagements

indispensables à la réduction des sources de pollution depuis la mégalopole de Dakar et s'inscrit dans cette logique.

- *Élaborer des stratégies et actions de mitigation des risques et pollutions de manière concertée (co-construction)* : la planification spatiale marine se doit de résoudre les conflits d'usage. Elle est donc intimement liée à des processus de co-construction/co-élaboration qui s'avèrent indispensables quel que soit le niveau des ambitions fixées. À titre d'exemple, le projet « What a waste 2.0 », financé par la Banque mondiale, aborde la problématique de la « pollution aux plastiques » en intégrant les populations à sensibiliser ainsi que les structures étatiques et les acteurs privés (voir aussi le projet « Ensemble contre les ordures », ECO²³).
 - *Faire progresser les bases scientifiques* : compte tenu de la montée de risques combinés (perturbations locales et globales), il est urgent de mieux quantifier les pollutions au Sénégal, tant en termes de diversité que de quantités de polluants alimentant l'océan. Il est également important de pouvoir anticiper les conséquences de ces pollutions. Comprendre la circulation océanique permet de spatialiser les risques liés aux différentes sources de pollution. Étudier expérimentalement la réponse de toutes les espèces d'un écosystème aux perturbations en cours, incluant la variabilité présente et future à laquelle elles sont/seront soumises, reste toutefois utopique. Il est cependant important d'identifier les espèces clés exposées, de connaître leur cycle de vie afin de protéger les phases/zones sensibles, et de comprendre les mécanismes sous-jacents à tous types de perturbations (Dupont et Pörtner, 2013). Il est difficile d'évaluer les effets toxiques des contaminants sur des populations ayant de longues durées de vie, composées de nombreuses générations qui se chevauchent. La mise en évidence d'un lien de cause à effet nécessite de multiples étapes comprenant à la fois des tests en laboratoire et des observations sur le terrain.
- 60 Les scientifiques et le reste de la société doivent adopter une posture d'humilité vis-à-vis des relations de l'homme à son environnement, la science n'étant pas assez avancée pour anticiper les conséquences des perturbations globales et locales sur le milieu marin. En effet, au Sénégal, et dans de nombreux endroits du monde, les sources de dégradations environnementales semblent s'accumuler plus vite que l'état des connaissances ne progresse. En intégrant des zones de type « aire marine protégée », l'approche de planification marine spatialisée pourrait diminuer certaines pressions exercées sur le milieu, mais pas toutes. Et, surtout, elle perpétue un rapport culturel au vivant qui est peut-être à la source des problèmes écologiques induits par l'homme. Cette dimension a été soulignée lors d'un récent colloque²⁴ au cours duquel a été posée la question suivante : « La protection du milieu marin fait-elle partie des activités entendues comme des "usages" de la mer et de ses ressources ou doit-elle s'en distinguer ? ». C'est également le courant de pensée issu des travaux de P. DESCOLA (2005) et le naturalisme qui caractérise les sociétés occidentales. La planification spatiale, outil de gestion du milieu marin, tente seulement d'organiser la répartition des activités humaines en mer afin d'en optimiser les rendements (pour les humains) et de limiter les conflits d'usage (entre humains). Qu'il en résulte des espaces où les organismes marins peuvent vivre relativement protégés des activités humaines n'en est qu'une conséquence involontaire. Cela sera-t-il suffisant pour créer des conditions de coexistence réellement durables entre les sociétés humaines et les autres espèces ? La disproportion des moyens humains et financiers investis dans la protection de la nature en comparaison de ceux investis dans les formes de développement qui la détruisent, au Sénégal comme dans la plupart des endroits du monde, n'incite malheureusement pas à l'optimisme.

Remerciements

- 61 L'Agence nationale de la recherche (ANR, France) a financé en partie la recherche ayant conduit à la rédaction de ce chapitre (Interactions planctoniques, facteurs environnementaux et conséquences biologiques/géochimiques dans le laboratoire côtier sud-sénégalais [Solab], project grant ANR-18-CE32-0009). Les auteurs remercient également le soutien du laboratoire mixte international « Études intégrées du climat et de l'océan en Afrique de l'Ouest, et réponses aux changements climatiques au Sénégal » (Éclairs). Nous remercions vivement Dr Moussa N'dienor (Institut sénégalais de recherches agricoles, Isra) pour la documentation fournie sur les engrais et pesticides, ainsi que Pr Alioune Kane (université Cheikh Anta Diop, Ucad, Sénégal) pour les discussions et échanges constructifs.
-

BIBLIOGRAPHIE

- AINLEY D. G., GRAU C. R., ROUDYBUSH T. E., MORRELL S. H., UTTS J. M., 1981
Petroleum ingestion reduces reproduction in Cassin's Auklets. *Marine Pollution Bulletin*, 12 : 314-317.
- ARDHUIN F., MARIÉ L., RASCLE N., FORGET P., ARON R., 2009
Observation and estimation of Lagrangian, Stokes and Eulerian currents induced by wind and waves at the sea surface. *Journal of Physical Oceanography*, 29 (11) : 2820-2838.
- BAX N., WILLIAMSON A., AGUERO M., GONZALEZ E., GEEVES W., 2003
Marine invasive alien species: a threat to global biodiversity. *Marine Policy*, 27 (4) : 313-323.
- BEAUGRAND G., REID P. C., IBANEZ F., LINDLEY J. A., EDWARDS M., 2002
Reorganization of North Atlantic marine copepod biodiversity and climate. *Science*, 296 (5573) : 1692-1694.
- BELLROSE F. C., 1959
Lead poisoning as a mortality factor in waterfowl populations. *Illinois Natural History Survey Bulletin*, 27 (1-6) : 235-288.
- BAINBRIDGE V., 1963
The food, feeding habits and distribution of the bonga *Ethmalosa dorsalis* (Cuvier & Valenciennes). *ICES Journal of Marine Sciences*, 28 : 270-283.
- BOELY J., CHABANNE J., STÉQUERT B., FRÉON P., 1978
Cycle sexuel et migration de Sardinella aurita sur le plateau ouest-africain des îles Bissagos à la Mauritanie. Symposium sur le courant des Canaries, upwelling et ressources vivantes, Las Palmas 11-14 avril 1978 92 : 12.
- BONNIN M., LY I., 2019
Atlas du droit de l'environnement marin et côtier au Sénégal. 66 p. <https://dataverse.ird.fr/dataset.xhtml?persistentId=doi:10.23708/K8BJOY>

BURGER J., 1990

Behavioral effects of early postnatal lead exposure in Herring Gulls (*Larus argentatus*) chicks. *Pharmacology, Biochemistry and Behavior*, 35 (1) : 7-13.

BURGER J., GOCHFELD M., 1985

Early postnatal lead exposure: behavioral effects in CommonTern chicks (*Sterna hirundo*). *Journal of Toxicology and Environmental Health*, 16 (6) : 869-886.

BURGER J., GOCHFELD M., 1997

Lead and neurobehavioral development in gulls: a model for understanding effects in the laboratory and the field. *NeuroToxicology*, 18 (2) : 279-287.

BURGER J., GOCHFELD M., 2000

Effects of lead on birds (Laridae): a review of laboratory and field studies. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B*, 3 : 59-78.

BURGER J., SHUKLA T., BENSON T., GOCHFELD M., 1994

« Lead levels in exposed herring gulls: differences in the field and laboratory ». In Johnson B. L., Xintaras C., Andrews J. S. (eds.) : *Hazardous waste: impacts on human and ecological health*. Princeton, Princeton Scientific Publishing : 115-123.

BURNETT W. C., BOKUNIEWICZ H., HUETTEL M., MOORE W. S., TANIGUCHI M., 2003

Groundwater and pore water inputs to the coastal zone. *Biogeochemistry*, 66 (1) : 3-33.

CAPET X., CAMPOS E. J., PAIVA A. M., 2008

Submesoscale activity over the Argentinian shelf. *Geophysical Research Letters*, 35 (15).

CAPET X., ESTRADE P., MACHU É. NDOYE S., GRELET J., LAZAR A., MARIÉ L., DAUSSE D., BREHMER P., 2017

On the dynamics of the southern Senegal upwelling center: observed variability from synoptic to superinertial scales. *Journal of Physical Oceanography*, 47 (1) : 155-180.

CAPET X. THOMAS Y., MACHU E. SLOTERDIJK H., NDOYE S., DIOUF M., 2019

Hydrodynamique et structure thermohaline dans l'estuaire du Sine-Saloum. Meeting Pateo, Ziguinchor (Sénégal), novembre 2019.

CAPUZZO J. M., 1981

Predicting pollution effects in the marine environment. *Oceanus*, 24 (1) :25-33.

CAPUZZO J. M., 1987

« Biological effects of petroleum hydrocarbons: assessments from experimental results ». In Boesch D. F., Rabalais N. N. (eds.) : *Long-term environmental effects of offshore oil and gas development*. London, Elsevier : 343-410.

CARPENTER E. J., SMITH K. L., 1972

Plastics on the Sargasso Sea surface. *Science*, 175 (4027) :1240-1241.

CHOW M. F., ZULKIFLI Y., TEO F. Y., 2016

Evaluation of stormwater runoff quality during monsoon and inter-monsoon seasons at tropical urban catchments. *International Journal of River Basin Management*, 14 (1) : 75-82.

COCKCROFT A. C., 2001

Jasus lalandii 'walkouts' or mass strandings in South Africa during the 1990s: an overview. *Marine and Freshwater Research*, 52 (8) : 1085-1093.

CONAND F., 1977

Œufs et larves de la sardinelle ronde (*Sardinella aurita*) au Sénégal : distribution, croissance, mortalité, variations d'abondance de 1971 à 1976. *Cah. Orstom Sér. Océanogr.*, 15 (3) : 201-214.

CORMIER-SALEM M. C., 2015

« De la conservation à la concertation : quelles AMP pour quelle gouvernance territoriale au Sénégal ? » In Bonnin M., Laë R., Behnassi M. (éd.) : *Les aires marines protégées ouest-africaines : défis scientifiques et enjeux sociétaux*. Montpellier, IRD Éditions : 97-116.

CRUMP K. L., TRUDEAU V. L., 2009

Mercury-induced reproductive impairment in fish. *Environmental Toxicology and Chemistry: An International Journal*, 28 (5) : 895-907.

CENTRE DE SUIVI ÉCOLOGIQUE, 2013

Annuaire sur l'environnement et les ressources naturelles du Sénégal. 3^e édition, Dakar, CSE.

CENTRE DE SUIVI ÉCOLOGIQUE, 2015

Rapport sur l'état de l'environnement au Sénégal - Édition 2015. Dakar, CSE/ministère de l'Environnement et du Développement durable.

DESCOLA P., 2005

Par-delà nature et culture. Vol. 1. Paris, Gallimard.

DESCOLA P., 2021

Les formes du visible. Paris, Éditions du Seuil, coll. Les livres du Nouveau Monde.

DESCROIX L., MARUT J. C., 2015

L'exploitation des sables métallifères du littoral casamançais (Sénégal) : un projet à risques. *Regards géopolitiques*, 1 (3) : 11-17.

DIA I. M., 2012

Vulnerability assessment of Central Coast Senegal (Saloum) and The Gambia Marine Coast and estuary to climate change induced effects. Coastal Resources Center and WWF-Wampo, University of Rhode Island, 40 p.

DIANKHA O., 2012

Rapport relatif aux teneurs de cadmium, cuivre, nickel, plomb et zinc dans la baie de Hann. RAF/7/009, Supporting an Integrated Approach for Marine Pollution Monitoring Using Nuclear Analytical Techniques.

DIANKHA O., GUEYE I., NIANG C., CAMARA S., 2019

États de référence des micro-contaminants dans les oiseaux piscivores du parc national du Delta du Saloum et du parc national de la Langue de Barbarie avant l'exploitation du pétrole et du gaz au Sénégal. Rapport, direction des Parcs nationaux, ministère de l'Environnement et du Développement durable, Sénégal, 38 p., <http://doi.org/10.13140/RG.2.2.21202.30402>

DIAW A. T. (ÉD.), 1993

Gestion des ressources côtières et littorales du Sénégal. Gland, UICN. <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=XF2015017868>

DIOP M., AMARA R., 2016

Mercury concentrations in the coastal marine food web along the Senegalese coast. *Environmental Science and Pollution Research*, 23 (12) : 11975-11984.

DIOP M., NET S., HOWSAM M., LENCEL P., WATIER D., GRARD T., DUFLOS G., DIOUF A., AMARA R., 2017

Concentrations and potential human health risks of trace metals (Cd, Pb, Hg) and selected organic pollutants (PAHs, PCBs) in fish and seafood from the Senegalese coast. *International Journal of Environmental Research*, 11 (6) : 349-358.

DÖRING J., TIEDEMANN M., STÄBLER M., SLOTERDIJK H., EKAU W., 2017

Ethmalosa fimbriata (Bowdich 1825), a clupeid fish that exhibits elevated batch fecundity in hypersaline waters. *Fishes*, 2 (3) :13.

DO ROSÁRIO GOMES H., GOES J. I., MATONDKAR, S. P., BUSKEY E. J., BASU S., PARAB S., THOPPIL P., 2014

Massive outbreaks of *Noctiluca scintillans* blooms in the Arabian Sea due to spread of hypoxia. *Nature Communications*, 5 (1) :1-8.

DUKE N. C., 2016

Oil spill impacts on mangroves: Recommendations for operational planning and action based on a global review. *Marine Pollution Bulletin*, 109 (2) : 700-715. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.06.082>

DUPONT S., PÖRTNER H., 2013

Get ready for ocean acidification. *Nature*, 498 (7455) : 429-429.

ECOUTIN J. M., SIMIER M., ALBARET J. J., LAË R., DE MORAIS L. T., 2010

Changes over a decade in fish assemblages exposed to both environmental and fishing constraints in the Sine-Saloum estuary (Senegal). *Estuarine, coastal and shelf science*, 87 (2) : 284-292.

EDWARDS M., JOHNS D. G., LETERME S. C. SVENDSEN E., RICHARDSON A. J., 2006

Regional climate change and harmful algal blooms in the northeast Atlantic. *Limnology and oceanography*, 51 (2) : 820-829.

EHLER C., ZAUCHA J., GEE K., 2019

« Maritime/marine spatial planning at the interface of research and practice ». In Zaucha J., Gee K. (eds) : *Maritime spatial planning. Past, present, future*. Palgrave Macmillan, Cham : 1-21.

FAYE B., TINE D., DETHIÉ N., CHEIKH D., FAYE G., NDIAYE A., 2019

Évolution des terres salées dans le nord de l'estuaire du Saloum (Sénégal). *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, 25 (2) : 81-90.

FOSSI G., LEONZIO C., FOCARDI S., 1989

Seasonal variation of mixed-function oxidase activity in a population of Yellow-legged Herring Gulls: relationship to sexual cycle and pollution. *Marine Environmental Research*, 28 : 35-37.

FRÉON P., 1988

Réponses et adaptations des stocks de clupéidés d'Afrique de l'Ouest à la variabilité du milieu et de l'exploitation : analyse et réflexion à partir de l'exemple du Sénégal. Paris, Orstom, 287 p. (Études et Thèses).

FU F. X., TATTERS A. O., HUTCHINS D. A., 2012

Global change and the future of harmful algal blooms in the ocean. *Marine Ecology Progress Series*, 470 : 207-233.

GLIBERT P. M., ANDERSON D. M., GENTEN P., GRANÉLI E., SELLNER K. G., 2005

The global complex phenomena of harmful algal blooms. *Oceanography*, 18 (2) :130-141.

GORMAN M., 1993

Environmental hazards: marine pollution. Contemporary World Issues series, Santa Barbara, ABC-CLIO, xiii, 252 p.

GRAND T., DIOP M., 2018

Poisson d'or, poisson d'Afrique. Film, Zideoprod production, 58 minutes.

- GRANTHAM B. A., CHAN F., NIELSEN K. J., FOX D. S., BARTH J. A., HUYER A., LUBCHENCO J., MENGE B. A., 2004
Upwelling-driven nearshore hypoxia signals ecosystem and oceanographic changes in the northeast Pacific. *Nature*, 429 (6993) : 749-754.
- HASTINGS R. A., RUTTERFORD L. A., FREER J. J., COLLINS R. A., SIMPSON S. D., GENNEM. J., 2020
Climate change drives poleward increases and equatorward declines in marine species. *Current Biology*, 30 (8) : 1572-1577.
- HEISLER J., GLIBERT P. M., BURKHOLDER J. M. ANDERSON D. M., COCHLAN W., DENNISON W. C., DORTCH Q., GOBLER C. J., HEIL C. A., HUMPHRIES E., LEWITUS A., MAGNIEN R., MARSHALL H. G., SELNER K., STOCKWELL D. A., STOECKER D. K., SUDDLESON M., 2008
Eutrophication and harmful algal blooms: a scientific consensus. *Harmful Algae*, 8 (1) : 3-13.
- HERNÁNDEZ-MIRANDA E., QUIÑONES R. A., AEDO G., VALENZUELA A., MERMOUD N., ROMÁN C., YAÑEZ F., 2010
A major fish stranding caused by a natural hypoxic event in a shallow bay of the eastern South Pacific Ocean. *Journal of Fish Biology*, 76 (7) : 1543-1564.
- HOFFMAN D. J., 1990
Embryotoxicity and teratogenicity of environmental contaminants to bird eggs. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, 115 : 40-89.
- KAZA S., YAO L., BHADA-TATA P., VAN WOERDEN F., 2018
What a waste 2.0: a global snapshot of solid waste management to 2050. Washington, World Bank Publications, 290 p.
- KEITH-DIAGNE L. W., DE LARRINO A. P. F., DIAGNE T., GONZALEZ L. M., 2021
First satellite tracking of the African manatee (*Trichechus senegalensis*) and movement patterns in the Senegal river. *Aquatic Mammals*, 47 (1) : 21-29.
- KIFANI S., QUANSAH E., MASSKI H., HOUSSA R., HILMI K., 2019
« Climate change impacts, vulnerabilities and adaptations: Eastern Central Atlantic marine fisheries ». In Barange et al. (eds) : *Impacts of climate change on fisheries and aquaculture. Synthesis of current knowledge, adaptation and mitigation options*. Rome, FAO Editions : 159-183. <http://www.fao.org/3/I9705EN/i9705en.pdf>
- LARGIER J. L., 2020
Upwelling bays: how coastal upwelling controls circulation, habitat, and productivity in bays. *Annual review of marine science*, 12 : 415-447.
- LE CROIZIER G., SCHAAL G., POINT D., LE LOC'H F., MACHU E., FALL M., MUNARON J. M., BOYÉ A., WALTER P., LAË R., TITO DE MORAIS L., 2019
Stable isotope analyses revealed the influence of foraging habitat on mercury accumulation in tropical coastal marine fish. *Science of the Total Environment*, 650 : 2129-2140.
- LEE H., LAU S. L., KAYHANIAN M., STENSTROM M. K., 2004
Seasonal first flush phenomenon of urban stormwater discharges. *Water research*, 38 (19) : 4153-4163.
- LE TIXERANT M., BONNIN M., GOURMELON F., RAGUENEAU O., ROUAN M., LY I., OULD ZEIN A., NDIAYE F., DIEDHIOU M., NDAO S., NDIAYE M. B., 2020
Atlas cartographiques du droit de l'environnement marin en Afrique de l'Ouest. Méthodologie et usage pour la planification spatiale. *Cybergeo : European Journal of Geography*, 958. <https://doi.org/10.4000/cybergeo.35598>
- LUOMA S. N., 2018
« Processes affecting metal concentrations in estuarine and coastal marine sediments ». In

Rainbow P. S., Furness R. W. : *Heavy metals in the marine environment*. Boca Raton, CRC Press : 51-66.

MACHU É., CAPET X., ESTRADE P. A., NDOYE S., BRAJARD J., BAURAND F., AUGER P.-A., LAZAR A., BREHMER P., 2019

First evidence of anoxia and nitrogen loss in the southern Canary upwelling system. *Geophysical Research Letters*, 46 (5) : 2619-2627.

MARTIN J., LUSHER A., THOMPSON R. C., MORLEY A., 2017

The deposition and accumulation of microplastics in marine sediments and bottom water from the Irish continental shelf. *Scientific Reports*, 7 (1) : 1-9.

MBAYE B. C., BROCHIER T., ECHEVIN V., LAZAR A., LÉVY M., MASON E., THIerno GAYE A., MACHU E., 2015

Do *Sardinella aurita* spawning seasons match local retention patterns in the Senegalese-Mauritanian upwelling region? *Fisheries Oceanography*, 24 (1) : 69-89.

MCWILLIAMS J. C., SULLIVAN P. P., MOENG C. H., 1997

Langmuir turbulence in the ocean. *Journal of Fluid Mechanics*, 334 : 1-30.

MEARNS A. J., REISH D. J., BISSELL M., MORRISON A. M., REMPEL-HESTER M. A., ARTHUR C., RUTHERFORD N., PRYOR R., 2018

Effects of pollution on marine organisms. *Water Environment Research*, 90 (10) : 1206-1300.

MEARNS A. J., BISSELL M., MORRISON A. M., REMPEL-HESTER M. A., ARTHUR C., RUTHERFORD N., 2019

Effects of pollution on marine organisms. *Water Environment Research*, 91 (10) : 1229-1252.

MEARNS A. J., MORRISON A. M., ARTHUR C., RUTHERFORD N., BISSELL M., REMPEL-HESTER M. A., 2020

Effects of pollution on marine organisms. *Water Environment Research*, 92 (10) : 1510-1532.

MUNK W., ARMI L., FISHER K., ZACHARIASEN F., 2000

Spirals on the sea. Proceedings of the Royal Society of London. *Series A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 456 (1997) : 1217-1280.

MURAWSKI S. A., AINSWORTH C. H., GILBERT S., HOLLANDER D. J., PARIS C. B., SCHLUETER M., WETZEL D. L. (EDS), 2019

Deep oil spills: facts, fate, and effects. Berlin, Springer International Publishing, 611 p.

NDOYE S., 2016

Fonctionnement dynamique du centre d'upwelling sud-sénégalais : approche par la modélisation réaliste et l'analyse d'observations satellite de température de surface de la mer. Thèse de doctorat, université Pierre et Marie Curie-Paris VI/université Cheikh Anta Diop de Dakar.

NDOYE S., CAPET X., ESTRADE P., SOW B., MACHU E., BROCHIER T., DÖRING J., BREHMER P., 2017

Dynamics of a "low-enrichment high-retention" upwelling center over the southern Senegal shelf. *Geophysical Research Letters*, 44 (10) : 5034-5043.

NDOYE S., CAPET X., ESTRADE P., MACHU E., KOUNTA L., SOW B., DIAKHATÉ M., GAYE A. T., 2018

A numerical modeling study of the southern Senegal Upwelling Shelf: circulation and upwelling source waters. *African Journal of Environmental Science and Technology*, 12 (12) : 487-500.

NGAIDO M., 2020

Gouvernance des sachets plastiques au Sénégal. Le cadre juridique et institutionnel. Fondation Heinrich Böll, Dakar. <https://sn.boell.org/fr/2020/02/24/gouvernance-des-sachets-plastiques-au-senegal>

OMS, 2008

Intoxication au plomb à Thiraoye sur Mer. Mission d'appui de l'OMS, 7-21 juin 2008.

ONINK V., 2018

Modeling the accumulation of floating microplastic in the subtropical ocean gyres Master's thesis, Utrecht University, 69 p.

ONINK V., WICHMANN D., DELANDMETER P., VAN SEBILLE E., 2019

The role of Ekman currents, geostrophy, and stokes drift in the accumulation of floating microplastic. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 124 (3) : 1474-1490.

PEAKALL D. B., LINCER J. L., RISEBROUGH R. W., PRITCHARD J. B., KINTER W. B., 1973

DDE-induced eggshell thinning: structural and physiological effects in three species. *Comparative General Pharmacology*, 4 (15) : 305-315.

PEAKALL D.B., 1992

Animal biomarkers as pollution indicators. London, Chapman & Hall, 314 p.

PERRIN W. F., VAN WAEREBEEK K., 2007

« The small-cetacean fauna of the west coast of Africa and Macaronesia: diversity and distribution ». In *Western African talks on cetaceans and their habitats*, UNEP/CMS-WATCH-Inf. 6, Convention on the conservation of migratory species of wild animals, Adeje, Tenerife. Available at: www.cms.int/species/waam/watch1_docs/Inf06_Small_Cetacean_Fauna_E.pdf

REBERT J. P., PRIVÉ M., 1974

Répertoire des données hydrologiques collectées par le Centre de recherches océanographiques de Dakar-Thiaroye de 1958 à 1973. Centre de recherches océaniques de Thiaroye, Orstom, 61 p.

RISEBROUGH R. W., 1986

Pesticides and bird populations. *Current Ornithology*, 3 : 397-427.

RONIS M. J., BORLAKOGLU J., WALKER C. H., HANSON T., STEGEMAN J. J., 1989

Expression of orthologues to rat P-450A1 and IIB1 in sea-birds from the Irish Sea 1978-88. Evidence for environmental induction. *Marine Environmental Research*, 28 (1-4) : 123-130.

SADIO O., SIMIER M., ECOUTIN J.-M., RAFFRAY J., LAË R., TITO DE MORAIS L., 2015

Effect of a marine protected area on tropical estuarine fish assemblages: comparison between protected and unprotected sites in Senegal. *Ocean & Coastal Management*, 116 : 257-269.

SARRÉ A., 2017

Approche acoustique de la dynamique et de la distribution spatiale des ressources halieutiques de petits pélagiques dans l'upwelling sénégal-mauritanien. Sciences de la Terre. Université de Bretagne occidentale-Brest, France.

SCHEUHAMMER A. M., MEYER M. W., SANDHEINRICH M. B., MURRAY M. W., 2007

Effects of environmental methylmercury on the health of wild birds, mammals, and fish. *Ambio*, 36 (1) :12-18.

SIMIER M., BLANC L., ALIAUME C., DIOUF P. S., ALBARET J. J., 2004

Spatial and temporal structure of fish assemblages in an "inverse estuary", the Sine-Saloum system (Senegal). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 59 (1) : 69-86.

SLOTEDIJK H., BREHMER P., SADIO O., MULLER H., DORING J., EKAU W., 2017

Composition and structure of the larval fish community related to environmental parameters in a tropical estuary impacted by climate change. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 197 : 10-26.

SONKO A., BREHMER P., CISSE I., SOW A. G., CONSTANTIN DE MAGNY G., HENRY J. C., DIARA M., 2016

« Awatox: ecotoxicological survey around the peninsula of Dakar, combining sediment ecotoxicity, water column microbiological, trace metal, physicochemical and microplastic analysis ». In Brehmer P. et al. (eds) : *International conference ICAWA 2015. Extended book of abstract*:

the AWA project. *Ecosystem approach to the management of fisheries and the marine environment in West African waters*. Dakar.

SUSSARELLU R., SUQUET M., THOMAS Y., HUVET A., 2016

Oyster reproduction is affected by exposure to polystyrene microplastics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113 (9) : 2430-2435.

TALL A. W., MACHU E., ECHEVIN V., CAPET X., PIETRI A., CORREA K., SALL S. M., LAZAR A., 2021

Variability of dissolved oxygen in the bottom layer of the southern Senegalese shelf. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 126 (5) : e2020JC016854.

TALLEC K., 2019

Impacts des nanoplastiques et microplastiques sur les premiers stades de vie (gamètes, embryons, larves) de l'huître creuse Crassostrea gigas. Thèse de biologie marine, université de Bretagne occidentale - Brest.

TALLEC K., PAUL-PONT I., BOULAIS M., LE GOÏC N., GONZALEZ-FERNANDEZ C., LE GRAND F., BIDEAU A., QUÉRÉ C., CASSONE A.-L., LAMBERT C., SOUDANT P., HUVET A., 2020

Nanopolystyrene beads affect motility and reproductive success of oyster spermatozoa (*Crassostrea gigas*). *Nanotoxicology*, 14 (8) : 1039-1057.

TERASHIMA H., SATO M., KAWASAKI H., THIAM D., 2007

Quantitative biological assessment of a newly installed artificial reef in Yenne, Senegal. *Zoological studies*, 46 (1) : 69-82.

THIELE C. J., HUDSON M. D., RUSSELL A. E., SALUVEER M., SIDAOUI-HADDAD G., 2021

Microplastics in fish and fishmeal: an emerging environmental challenge? *Scientific Reports*, 11 (1) : 1-12.

TRAINER V. L., PITCHER G. C., REGUERA B., SMAYDA T. J., 2010

The distribution and impacts of harmful algal bloom species in eastern boundary upwelling systems. *Progress in oceanography*, 85 (1-2) : 33-52.

VAN WAEREBEEK K., DIALLO M., DJIBA A., NDIAYE P., NDIAYE E., 1997

Cetacean research in Senegal 1995-97, an overview. IWC Scientific Committee document SC/49/SM10, Bournemouth, 8 p.

WARNER A. J., HAYS G. C., 1994

Sampling by the continuous plankton recorder survey. *Progress in Oceanography*, 34 : 237-256.

WEIL C., SABIN N., BUGEON J., PABOEUF G., LEFÈVRE F., 2009

Differentially expressed proteins in rainbow trout adipocytes isolated from visceral and subcutaneous tissues. *Comparative Biochemistry and Physiology Part D: Genomics and Proteomics*, 4 (3) : 235-241.

NOTES

1. Voir les chiffres de l'Agence nationale de la statistique et de la démographie de la République du Sénégal : https://www.ansd.sn/index.php?option=com_ansd&view=titrepublication&id=30
2. https://www.seneweb.com/news/Video/dechets-medicaux-sur-des-plages-les-imag_n_308080.html
3. Selon plusieurs études, entre 60 % et 80 % des débris marins flottants, sur les plages ou déposés sur les fonds, sont des plastiques.

4. Infographie de la Banque mondiale : *Déchets, un état des lieux mondial de la gestion des déchets ménagers à l'horizon 2050*, sept. 2018 : <https://www.banquemondiale.org/fr/news/infographic/2018/09/20/what-a-waste-20-a-global-snapshot-of-solid-waste-management-to-2050>
5. D'environ 40 000 t en 2010 à 150 000 t en 2016, selon le ministère de l'Agriculture sénégalais.
6. En 2016, 16 kg/ha au Sénégal, 290 kg/ha aux Pays-Bas. <https://donnees.banquemondiale.org/>
7. La consommation officielle de ces pesticides et herbicides y oscille entre 700 et 800 t de produit actif par an (2012 à 2014, source : direction de la Protection des végétaux).
8. La République du Cap-Vert a changé son nom officiel dans toutes les langues en République du Cabo Verde le 24 octobre 2013 dans une demande soumise au Secrétaire général par le représentant permanent du pays auprès des Nations unies. Conformément à cette demande, il ne sera fait mention dans cette publication qu'au Cabo Verde. Afin de respecter les titres des œuvres préalablement parues, les références ou sources imprimées mentionnant dans leur titre « Cap-Vert » (en français) ou « Cape Verde » (en anglais) n'ont pas été modifiées.
9. ANSD, Recensement 2013.
10. Les Zico peuvent être consultés à l'échelle globale : <http://datazone.birdlife.org/site/mapsearch>
11. https://www.onas.sn/sites/default/files/etudes/baiedehann_l3_volume_1_eies_v2_1.pdf
12. Composés aromatiques organochlorés qui font partie des polluants ubiquistes et persistants toxiques, écotoxiques et reprotoxiques, y compris à faible dose en tant que perturbateurs endocriniens.
13. *Rapport informel pour le compte de la DEEC*, 2015.
14. Articles 10 à 13 du protocole annexe de la Convention d'Abidjan ratifiée par le Sénégal.
15. https://www.un-page.org/files/public/plan_senegal_emergent.pdf
16. Espèce pour laquelle l'expérience a pu être menée.
17. L'eutrophisation des milieux aquatiques est un déséquilibre du milieu provoqué par l'augmentation de la concentration d'azote et de phosphore dans le milieu.
18. Pour des raisons similaires, le banc d'Arguin en Mauritanie est un autre site de ponte privilégié pour la population de *Sardinella aurita* (CONAND, 1977 ; BOELY *et al.*, 1978, 1982 ; FRÉON, 1988).
19. Le bloc est un « contrat de recherche et de partage de production d'hydrocarbure » (BONNIN *et al.*, 2019).
20. Sites IBA pour *Important bird and biodiversity areas* : <http://datazone.birdlife.org/site/ibacriteria>
21. Voir l'ensemble des sites d'oiseaux sensibles du Sénégal : <http://datazone.birdlife.org/site/mapsearch>
22. <http://www.big.gouv.sn/index.php/2019/05/09/le-port-de-ndayane-au-nom-de-la-competitivite>
23. <https://pfongue.org/Projet-Ensemble-Contre-les-Ordures.html>
24. Colloque « Conflits d'usages en mer et droit de l'Union européenne », Aix-Marseille Université, 19-20 novembre 2020. <https://univ-droit.fr/actualites-de-la-recherche/appels/34550-conflits-d-usages-en-mer-et-droit-de-l-union-europeenne>

AUTEURS

ÉRIC MACHU

Biogéochimiste marin, Laboratoire d'océanographie physique et spatiale (Lops), IRD, France.

TIMOTHÉE BROCHIER

Océanographe, unité de modélisation mathématique et informatique des systèmes complexes (Ummisco), IRD, Ucad, Sénégal.

XAVIER CAPET

Océanographe physicien, laboratoire d'océanographie et du climat : expérimentations et approches numériques (Locean), Institut Pierre-Simon-Laplace (IPSL), France.

SINY NDOYA

Océanographe physicien, École supérieure des sciences et techniques de l'ingénieur (Esti), université Amadou Mahtar Mbow, Sénégal.

IBRAHIMA SIDIKI BA

Physicien, laboratoire de physique de l'atmosphère et de l'océanographie-Siméon Fongang, université Cheikh Anta Diop (Ucad), Sénégal.

LUC DESCROIX

Hydrologue, UMR « Patrimoines locaux, environnement & globalisation » (Paloc), IRD, France.

Chapitre 3. Où sont et combien y a-t-il de poissons dans la mer ?

L'acoustique active pour évaluer les organismes marins

Anne Lebourges-Dhaussy

- 1 Afin de mettre en place un usage équilibré entre les utilisateurs d'un espace maritime, la première étape est de connaître cet espace : ses caractéristiques abiotiques et leurs dynamiques ; ses composants biotiques, leurs distributions et dynamiques ; les zones vulnérables et les zones riches ; les habitats des ressources par la cartographie (LE PAPE *et al.*, 2014) ; les environnements humain et économique, etc. Ce diagnostic initial passe nécessairement par la détermination de la distribution des ressources vivantes exploitées ou non. Pour cela, l'usage de l'acoustique active s'est développé dans les années 1970 et cette méthode d'évaluation et d'observation du milieu marin est depuis devenue courante dans de nombreux pays à travers le monde (en Europe, en Australie, aux États-Unis, mais aussi au Sénégal, Maroc, Mauritanie, Pérou, Mexique, etc.). Son usage s'est ensuite étendu à l'étude des écosystèmes aquatiques dans leur ensemble, les fluctuations des populations de poissons ne pouvant être expliquées sans prendre en compte leurs environnements. Cette méthode non intrusive et non destructive est par ailleurs adaptée à l'étude des zones protégées où les échantillonnages biologiques ne sont pas autorisés.

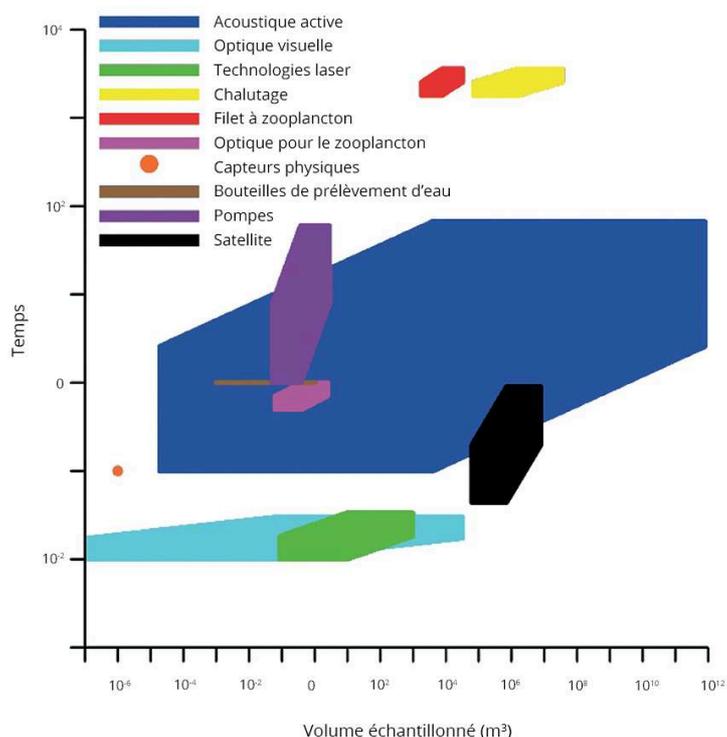
Intérêt de l'acoustique active

- 2 Les données acoustiques sont une source d'informations pour un ensemble de composants de la biocénose et, parfois, du biotope. Les données sont acquises en général en continu tout au long de campagnes océanographiques, depuis la surface jusqu'à 1 000 m de profondeur voire plus. Ceci permet d'obtenir une vision de l'écosystème avec une résolution inégalée par d'autres approches (de l'ordre du décimètre verticalement et de quelques mètres horizontalement). En outre, par

l'utilisation de plusieurs fréquences d'émission, les différents composants de l'écosystème peuvent être détectés :

- la présence de forts gradients physicochimiques (de température, d'oxygène, de densité) ;
 - le fond marin et sa composition géologique ;
 - les organismes zooplanctoniques (crustacés et gélatineux), en bancs ou en couches ;
 - les poissons (de quelques centimètres à plusieurs dizaines de centimètres), dispersés ou agrégés ;
 - les prédateurs supérieurs (ex. thons, mammifères marins) ;
- 3 Les données acoustiques informent également sur le comportement des organismes (migrations verticales, modification de la structuration des organismes entre le jour et la nuit, en bancs ou dispersés, en couches, etc.).
 - 4 L'information obtenue est essentielle et unique de par la couverture spatio-temporelle qu'elle procure par rapport à d'autres méthodes d'observation (fig. 1).
 - 5 Les données acoustiques sont indispensables pour évaluer les stocks de poissons exploités ou non ainsi que leur environnement trophique, comprendre leurs comportements nyctéméraux, saisonniers ou les variations interannuelles ainsi que les relations prédateurs/proies, définir des habitats préférentiels, etc., c.-à-d. toutes connaissances qui pourront éclairer les choix nécessaires à la planification spatiale marine (PSM).

Figure 1. Couverture spatio-temporelle d'une unité d'observation pour différentes méthodes *in situ*



La résolution minimale de la mesure est indiquée par le coin inférieur gauche de chaque polygone et son extension maximale par le coin supérieur droit.

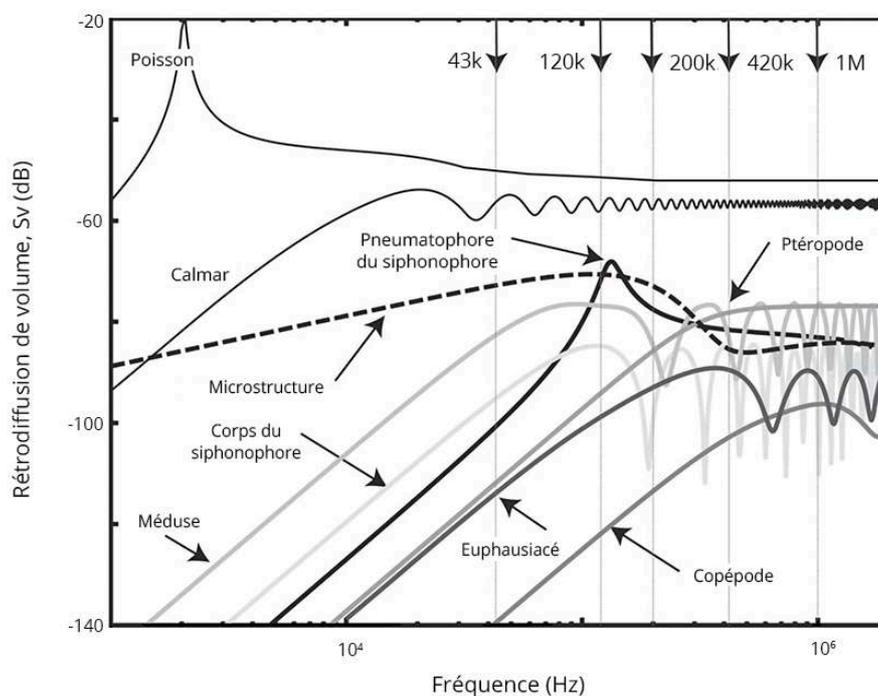
Source : TRENKEL *et al.* (2011)

Méthode

Principes

- 6 Le principe physique de l'acoustique active se fonde sur la propagation des ondes dans l'eau et les composants biotiques présents dans le milieu marin. La propagation se traduit par une succession de compressions-dilatations du milieu, qui prennent appui sur les particules qui le constituent. Une onde acoustique ne peut pas se propager dans le vide, elle a besoin d'un support particulaire. Chaque particule transmet à sa voisine une anomalie locale de pression, qui va ensuite se propager aux suivantes. Lorsqu'un changement de densité survient dans le milieu, l'obstacle présente une résistance plus ou moins forte au déplacement de la particule, modifiant la façon dont se fait la transmission de l'anomalie de pression. Ainsi, une part de l'énergie qui se transmet par l'onde acoustique est réfléchi vers la source (écho) et l'autre part poursuit sa propagation au-delà de l'obstacle.
- 7 La capacité d'une cible à réfléchir une onde acoustique est surtout déterminée par sa différence de densité avec le milieu environnant, l'eau de mer ou l'eau douce dans ce cas, ainsi que par le contraste de vitesse de propagation de l'onde entre le milieu et la cible. Les échos seront forts qu'ils proviennent de cibles plus denses que l'eau (roches) ou moins denses (bulles gazeuses, interface eau-air). Les organismes marins contenant une inclusion gazeuse, comme certains organismes planctoniques (siphonophores à pneumatophores), ou une vessie natatoire gazeuse, comme beaucoup de poissons pélagiques (sardines, anchois, thons, etc.), sont de très bons réflecteurs.
- 8 Les propriétés réfléchissantes des cibles sont fonction de leur densité, taille, forme, de leur orientation par rapport à la direction de l'onde et de sa fréquence. Pour un certain nombre d'espèces de poissons très étudiées et bien documentées, des équations quantifient la relation entre l'indice de réflectivité d'un poisson et sa longueur totale (SIMMONDS et MACLENNAN, 2005). Pour d'autres espèces, comme les balistes présents autour de Fernando de Noronha (Brésil), la documentation n'existe pas et il a été nécessaire de calculer ces relations à partir de données issues des missions de terrain (SALVETAT *et al.*, 2022).
- 9 Dans la gamme des fréquences ultrasonores utilisées, de 18 à 400 kHz environ, les organismes peuvent avoir des réponses très variables selon la fréquence (fig. 2). Des systèmes multifréquentiels sont alors utilisés de façon à pouvoir exploiter les caractéristiques des cibles (poissons, crustacés, gélatineux, etc.) afin de mieux les classifier. Ainsi, les poissons exploités, leurs prédateurs et leurs proies, peuvent être observés simultanément au travers des données acoustiques.

Figure 2. Niveaux d'écho en fonction de la fréquence pour les principaux groupes biologiques, pour une densité d'un organisme/m³ d'eau



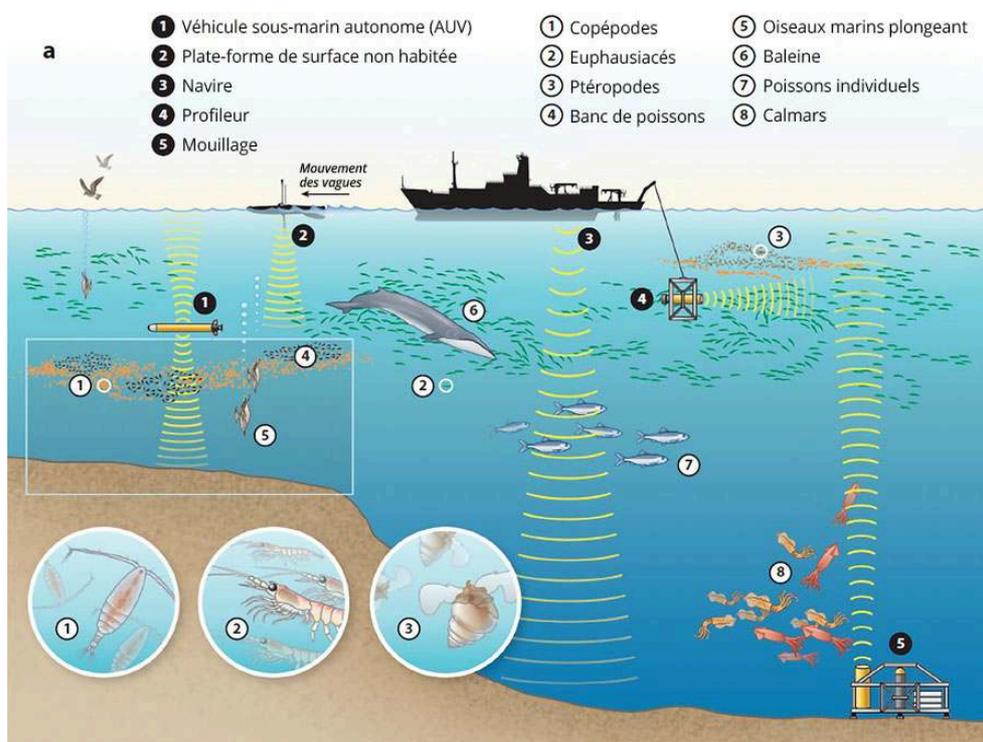
Microstructure : changement de densité du milieu ; siphonophore et méduse : cnidaires ; euphausiacé et copépode : crustacés ; pteropode : mollusques.

Source : LAVERY *et al.* (2007)

Mise en œuvre

- 10 Il existe une grande variété d'équipements acoustiques. Les plus couramment utilisés sont installés sur la coque des navires de recherche. Toutefois, ils fournissent des données au moment de la campagne de terrain uniquement et ne détectent les cibles qu'à partir de la surface. Afin de s'approcher des cibles profondes (plusieurs centaines de mètres parfois), à des distances où les équipements de coque n'offrent pas assez de résolution ou/et fournissent des données pour lesquelles le rapport signal/bruit devient trop faible, il existe des sondeurs autonomes pouvant être acheminés à proximité des cibles d'intérêt afin d'obtenir des mesures de meilleure qualité et beaucoup plus fines spatialement. D'autres dispositifs sont conçus pour fournir des séries temporelles et sont installés sur des mouillages. Certains équipements, à très hautes fréquences, utilisés en profileurs, sont plutôt dédiés à la détection du zooplancton (fig. 3).
- 11 Un sondeur (cf. le cercle n° 3 noir de la figure 3) est utilisé en continu pendant toute la durée d'une campagne classique. Couramment, il émet dans l'eau une onde chaque seconde : à 10 nœuds, cela correspond à une émission tous les 5 m. L'onde se propage jusqu'à des profondeurs qui sont d'autant plus grandes que la fréquence utilisée est basse. Typiquement, à 38 kHz, il est possible de détecter des poissons jusqu'à environ 1 000 m de profondeur. La résolution verticale est de quelques centimètres. Les données sont quasi-continues aussi bien verticalement qu'horizontalement.

Figure 3. Dispositifs acoustiques utilisés pour les études écosystémiques



SOURCE : BENOIT, BIRD et LAWSON (2016)

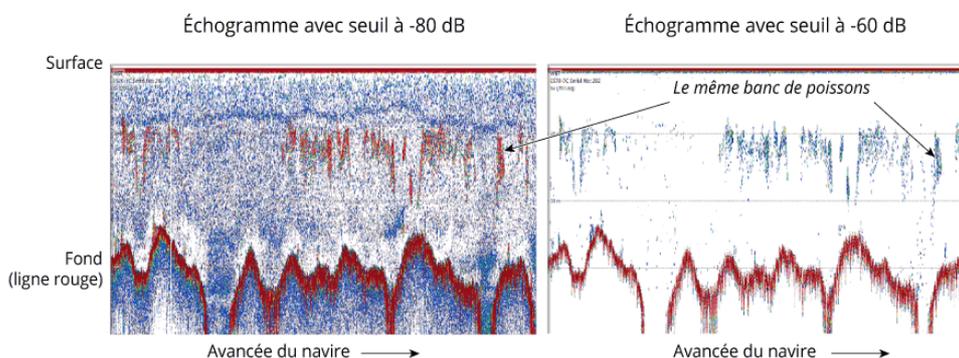
Évaluer les organismes marins

- 12 Les outils et méthodes d'acoustique active ont été développés, au départ, pour déterminer la profondeur du fond océanique sous un navire au début du xx^e siècle (le premier sondeur a été commercialisé en 1925), notamment après le naufrage du Titanic (JUHEL, 2005). Ensuite, la première mention de l'utilisation d'un sondeur pour évaluer des organismes marins date de 1935 dans un article sur la détection de bancs de morues dans un fjord norvégien avec un échosondeur de la revue *Nature* (SUND, 1935). Cette approche est en effet la seule qui permette de « voir », depuis la surface jusqu'au fond marin, en continu le long du trajet du bateau, les organismes réflecteurs présents dans la colonne d'eau. Les réflecteurs étant variés et de toutes tailles, selon la ou les fréquences utilisées, il est possible d'obtenir une représentation assez exhaustive du « paysage » sous-marin. Toutefois, les scientifiques se sont intéressés tout d'abord aux poissons, répondant ainsi aux besoins d'évaluer les stocks d'intérêts commerciaux afin de mieux les gérer.
- 13 Les évaluations de stocks sont basées sur le principe de l'écho-intégration qui lui-même est sous-tendu par un principe de linéarité : pour un volume échantillonné donné, l'énergie acoustique réverbérée résulte de la combinaison linéaire des contributions individuelles des organismes présents dans ce volume. L'énergie acoustique est donc d'autant plus élevée que la concentration de poissons est dense ou/et que les poissons sont grands. « Écho-intégrer » consiste à faire la somme des échantillons verticaux d'énergie acoustique reçue dans une cellule d'intégration, à savoir une hauteur d'eau

donnée (par exemple la colonne d'eau) pour une distance parcourue donnée (typiquement 1 mille nautique en mer).

- 14 Dans cette cellule d'intégration, il peut se trouver des poissons de plusieurs espèces, des organismes zooplanctoniques, gélatineux, etc. Une première étape est alors de sélectionner la part des poissons dans l'énergie acoustique totale reçue. Appliquer un seuil d'analyse des données à -60 dB (comme sur l'exemple de la figure 4) peut parfois suffire à séparer les poissons (énergie acoustique supérieure au seuil) des autres organismes constituant son environnement trophique (énergie acoustique inférieure au seuil). Dans certains cas, un algorithme de classification basé sur les réponses fréquentielles différenciées des poissons et des autres organismes, permet de mieux prendre en compte les poissons (MORENO *et al.*, 2007 ; FERNANDES, 2009 ; BALLÓN *et al.*, 2011 ; KORNELIUSSEN *et al.*, 2016 ; KORNELIUSSEN, 2018).

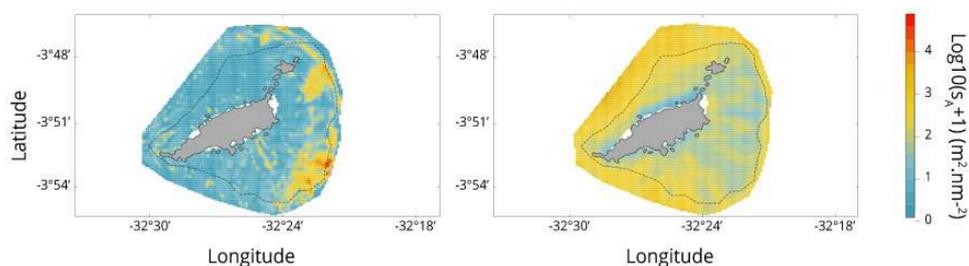
Figure 4. Exemple d'un échogramme issu de la campagne Farofa2 (laboratoire mixte international « Tropical Atlantic Interdisciplinary Laboratory on physical, biogeochemical, ecological and human dynamics », LMI Tapioca) autour de Fernando de Noronha avec deux seuils différents (-80 dB à gauche et -60 dB à droite).



Source : A. Lebourges-Dhaussy

- 15 Une fois la part de l'énergie acoustique due aux poissons identifiée, une carte de leur répartition peut être réalisée, ainsi qu'une carte de distribution des autres types d'organismes (fig. 5).

Figure 5. Distribution spatiale des poissons (à gauche) et des autres organismes (à droite) autour de l'île de Fernando de Noronha au Brésil, par interpolation géostatistique de la densité acoustique de surface s_A (cf. MCLENNAN *et al.*, 2002 pour la définition des grandeurs acoustiques).



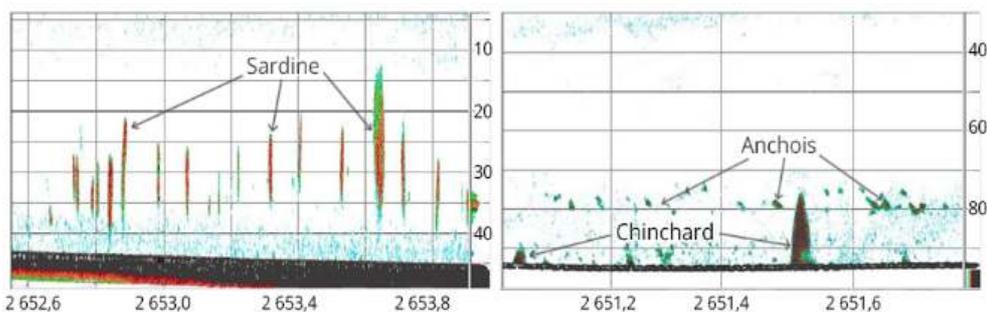
L'isobathe 50 m est indiquée par le pointillé noir.

SOURCE : SALVETAT *et al.* (2022)

- 16 L'évaluation des stocks se fait idéalement par espèce. Au sein de la part d'énergie renvoyée par les « poissons » dans la détection, il s'agit alors de répartir cette énergie

selon les espèces présentes, certaines étant commercialisées, d'autres non. Des chalutages d'identification réalisés sur différents types de détections et l'expertise de l'équipe scientifique sur l'allure des détections par espèce en fonction de la zone géographique et de la saison permettent cette répartition de l'énergie mesurée entre les espèces (fig. 6).

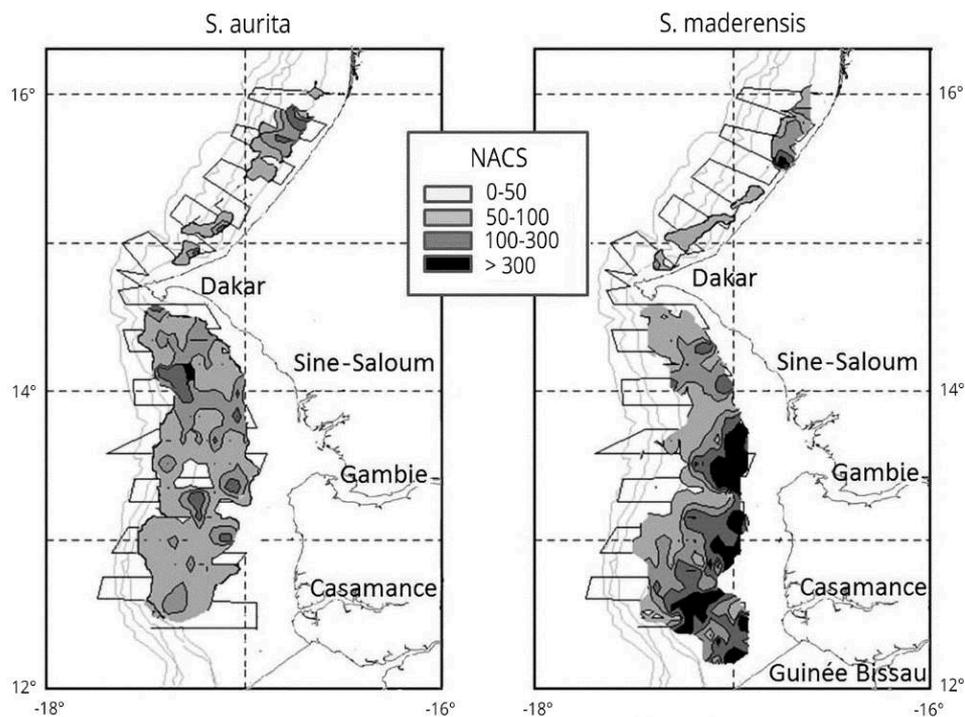
Figure 6. Détections de bancs de poissons typiques du golfe de Gascogne (France) au printemps : sardines (gauche), anchois et chinchards (droite), confirmés par des chaluts d'identification. L'énergie acoustique de chaque banc est calculée et affectée à l'espèce correspondante.



Source : Noël Diner, communication personnelle

- 17 La distribution de chaque espèce est ainsi cartographiée en termes de densité acoustique de surface ou NASC (exprimée en $m^2.nmi^{-2}$, MCLENNAN *et al.*, 2002) (fig. 7). Sur la base des distributions de tailles issues des chaluts, les équations reliant d'une part l'écho individuel d'un poisson à sa taille, d'autre part sa taille et sa masse, permettent d'estimer une masse de l'espèce par unité de surface. Cette masse, affectée à l'aire de distribution de l'espèce, fournit in fine, une estimation de la biomasse totale de l'espèce.

Figure 7. Distributions des densités acoustiques (NASC, en $m^2.nmi^{-2}$) de deux espèces de sardinelles (*Sardinella aurita* et *S. maderensis*) sénégalaises obtenues par les campagnes acoustiques du navire de recherche Itaf Deme 2005-2006-2007



SOURCE : SARRÉ *et al.* (2018)

- 18 Un certain nombre d'incertitudes sont associées à cette méthode d'évaluation (SIMMONDS et MACLENNAN, 2005). La météo joue un rôle important : le mauvais temps (vent, houle) génère des bulles en surface qui atténuent le signal propagé dans une proportion difficile à quantifier, et induit des mouvements du navire qui empêchent la bonne détection des échos (l'orientation du bateau change entre les moments de l'émission et de la réception). La classification des espèces, sur la base des détections acoustiques, est également une source d'erreurs potentielles : l'affectation des détections à une espèce donnée (ex. fig. 6) se fait à « œil d'expert » dans une zone et pour une saison pour lesquelles les types d'agrégation des espèces sont connus. Cela suppose leur stabilité, hypothèse qui peut être mise à mal en cas d'épisode de vent fort par exemple. Dans des régions peu documentées et multi-spécifiques, les chalutages identifient souvent des assemblages d'espèces et il est difficile d'être plus fin que ces assemblages dans la répartition de l'énergie acoustique. Le facteur de conversion des densités acoustiques en quantité puis en masses de poissons n'est pas connu pour toutes les espèces, notamment en milieu tropical ; on utilise alors des équations issues de la littérature, qui ne sont pas forcément optimales pour le milieu étudié. Le comportement des poissons est un autre facteur important : le bruit occasionné par les navires, selon la profondeur des organismes visés et la fréquentation des zones étudiées, peut engendrer des comportements d'évitement du bateau par les poissons qui ne sont alors plus détectés par le sondeur vertical. Des dispositifs comme les sonars omnidirectionnels peuvent détecter des bancs de poissons autour du bateau, mais ils ne permettent pas l'analyse quantitative des observations, nécessaire à l'évaluation. Ils informent toutefois sur la présence de bancs non détectés par le sondeur vertical sous

le bateau. Malgré ces incertitudes et ces biais (étudiés et connus), l'évaluation des stocks de poissons pélagiques avec l'approche acoustique est au moins aussi bien – et sans doute meilleure – qu'avec les autres méthodes existantes (SIMMONDS et MACLENNAN, 2005). La combinaison des méthodes est, de toute façon, préférable.

Autres applications d'intérêt pour la PSM

Approche écosystémique

- 19 L'approche écosystémique de la gestion des ressources est actuellement considérée comme la plus pertinente pour aboutir à un développement soutenable ; cette approche est ainsi l'un des maillons essentiels de la planification spatiale marine (ANSONG *et al.*, 2017).
- 20 Dans le cas de l'acoustique active, passer de l'approche halieutique à l'approche écosystémique se traduit par un choix assez simple. En effet, comme le montre la figure 4, baisser le seuil de visualisation et d'analyse des données acoustiques permet de prendre en compte l'environnement biotique du poisson. Celui-ci, constitué notamment de couches planctoniques, a une distribution beaucoup plus contrainte par les conditions physiques du milieu (ondes, stratification, courants, etc.), que le necton qui est bien plus mobile, excepté lorsque les conditions environnementales incluent des paramètres limitant sa survie. L'observation par acoustique de la distribution des organismes permet ainsi d'extraire des informations sur les caractéristiques hydrodynamiques de la colonne d'eau pourvu que l'on utilise un seuil assez bas. Dans le cas du Pérou par exemple, la distribution verticale des anchois (*Engraulis ringens*) est particulièrement contrainte par la disponibilité en oxygène. La détection acoustique des bancs d'anchois informe de la profondeur de l'oxycline (là où le niveau d'oxygène chute rapidement par rapport à la couche superficielle de l'océan), avec la résolution très fine des données acoustiques (fig. 9A, BERTRAND *et al.*, 2010).
- 21 Outre ces données fournies par l'acoustique sur la distribution des poissons et de leur environnement biotique, voire abiotique avec les structures hydrodynamiques, l'approche écosystémique prend également en compte la production primaire, les courants, la topographie, etc., provenant d'autres capteurs (cf. encadré 1 sur le biologging pour la mégafaune marine) et vise à en comprendre les interactions.

Encadré 1. Comment les données de *biologging* sur la mégafaune peuvent-elles être utilisées pour la planification spatiale marine ?

Sophie LANCO BERTRAND

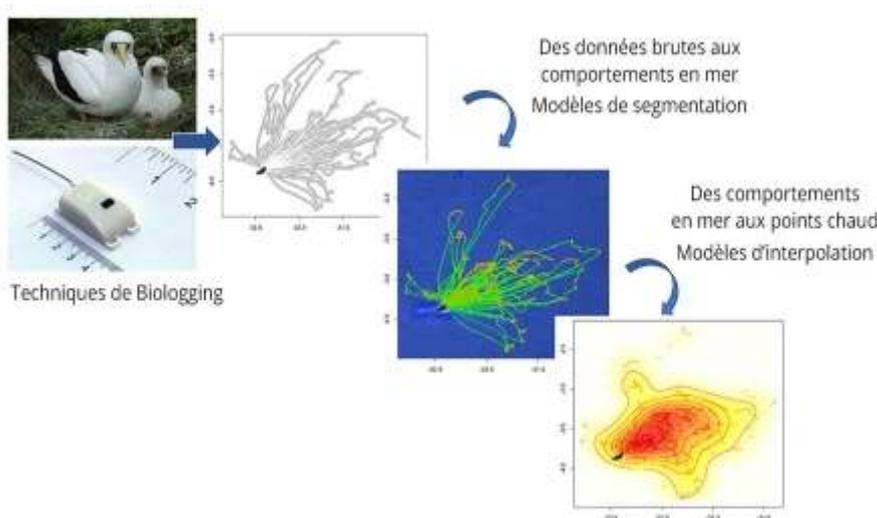
Les systèmes marins présentent un certain nombre d'attributs qui les rendent particulièrement difficiles à délimiter à des fins de gestion. Ils sont tridimensionnels par essence, opaques par rapport aux systèmes terrestres et de nombreux systèmes (tels que les fronts et les tourbillons) sont dynamiques dans l'espace et dans le temps. La fusion et la mise à l'échelle des données océanographiques et écologiques seront nécessaires pour observer, gérer de manière dynamique et conserver les espèces intégrées dans une mosaïque dynamique de paysages marins.

La mégafaune marine, par exemple (oiseaux de mer, mammifères marins, grands

poissons, etc.), rassemble des animaux très mobiles qui se déplacent sur de grandes étendues marines pour s'alimenter, se reproduire, se reposer ou migrer. Ainsi, une compréhension cohérente des causes, des schémas, des mécanismes et des conséquences des mouvements de la mégafaune est essentielle pour restaurer et gérer les activités humaines dans les paysages marins soumis à de multiples pressions, par exemple par le biais de la planification spatiale marine. Pourtant, mesurer l'utilisation des habitats en mer et définir les niches et les corridors critiques a longtemps été un défi.

Au cours des dernières décennies, des progrès considérables ont été réalisés grâce à une série de technologies d'enregistrement. Le terme « *biologging* » fait référence à l'utilisation de balises miniaturisées fixées sur les animaux pour enregistrer et/ou transmettre des données sur les mouvements, le comportement, la physiologie et/ou l'environnement d'un animal. Aujourd'hui, les écologistes ont accès à un arsenal de capteurs (accéléromètres tri-axiaux, magnétomètres, systèmes de positionnement global GPS, caméras, capteurs de plongée, etc.) qui peuvent mesurer en continu la plupart des aspects de l'état d'un animal (par exemple, sa localisation, son comportement, sa dépense calorifique, ses interactions avec d'autres animaux) et de son environnement externe (par exemple, la température, la salinité, la profondeur). Ces technologies permettent aux écologistes de répondre à de nouvelles questions sur les performances physiologiques, l'énergie, la recherche de nourriture, la migration, la sélection de l'habitat et la socialité des animaux sauvages, ainsi que de recueillir des données sur les environnements dans lesquels ils vivent. Associées à une modélisation statistique de pointe en écologie du mouvement, les technologies de *biologging* fournissent des informations essentielles sur les niches écologiques dynamiques des espèces de mégafaune. Il s'agit d'une étape clé pour délimiter les points chauds et les points froids de la biodiversité, ce qui peut contribuer à une meilleure définition des problèmes de conservation dans un cadre d'aménagement de l'espace marin (fig. 8).

Figure 8. Données de *biologging* collectées sur des oiseaux marins (*Sula sula*) de l'archipel de Fernando de Noronha (Brésil) dans le cadre du projet Paddle

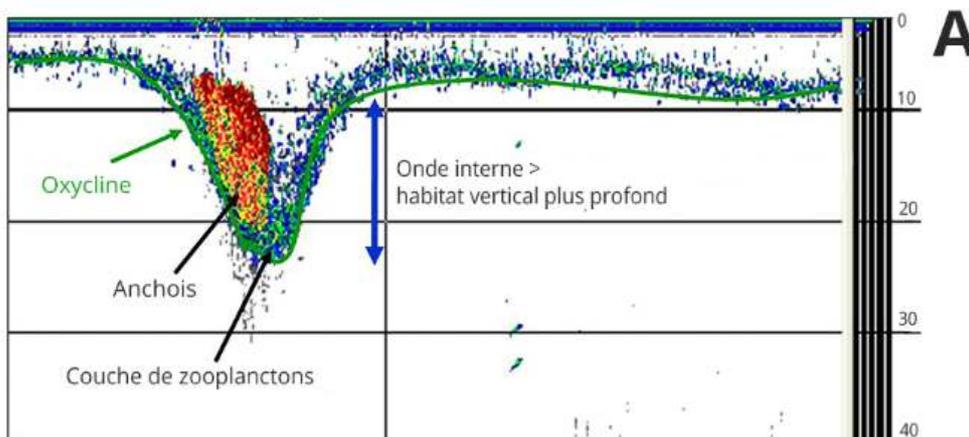


Les données GPS brutes ont été traitées par différents modèles statistiques pour identifier les zones d'alimentation et en déduire les zones critiques (*hotspots*) pour cette espèce.

Habitat potentiel, habitats à préserver

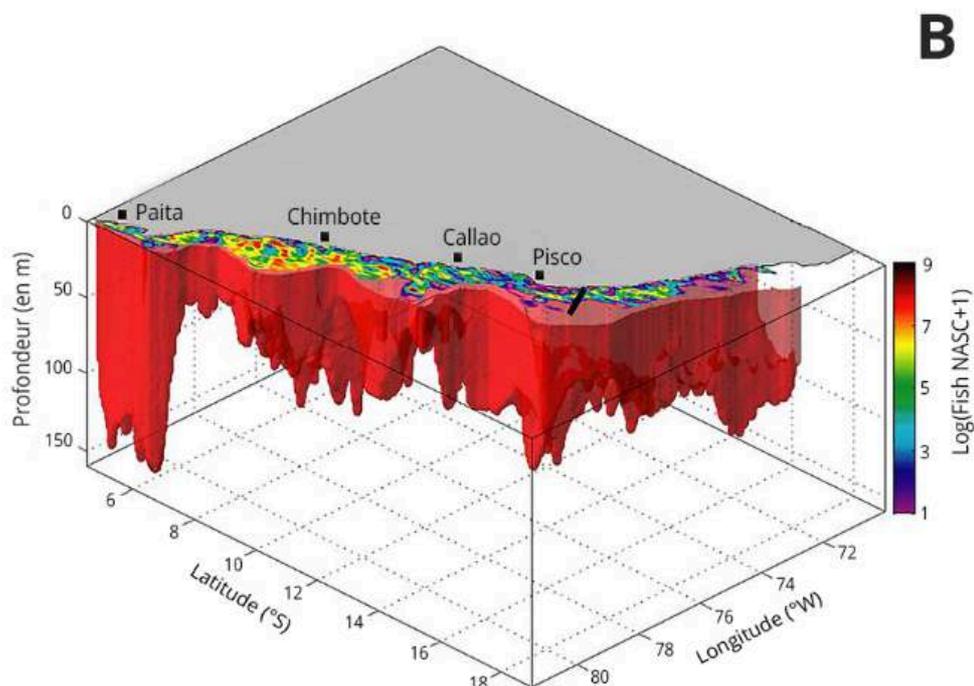
- 22 En allant plus loin à partir de l'exemple péruvien, la résolution des données acoustiques permet de cartographier en trois dimensions la profondeur de la zone de minimum d'oxygène. On détermine ainsi un volume d'habitat potentiel des anchois, dans lequel ils trouvent suffisamment d'oxygène pour leur survie (fig. 9B, BERTRAND *et al.*, 2010).

Figure 9 A. Extrait d'échogramme montrant un banc d'anchois concentré sur une couche de plancton, agrégée le long de l'oxycline, profondeur à laquelle le niveau d'oxygène chute brutalement par rapport à la couche superficielle de l'océan



La présence d'une onde interne, soit une vague dans la colonne d'eau, fait plonger l'oxycline et apporte ainsi un volume d'habitat plus élevé pour les anchois. Exemple pris le long de la côte du Pérou.
SOURCE : BERTRAND *et al.* (2008)

Figure 9 B. Habitat potentiel de l'anchois (volume en rouge) d'après la position de l'oxycline issue des données acoustiques de la campagne d'évaluation des petits pélagiques de l'Instituto del Mar del Perú, Imarpe (Lima, Pérou, février-avril 2005)



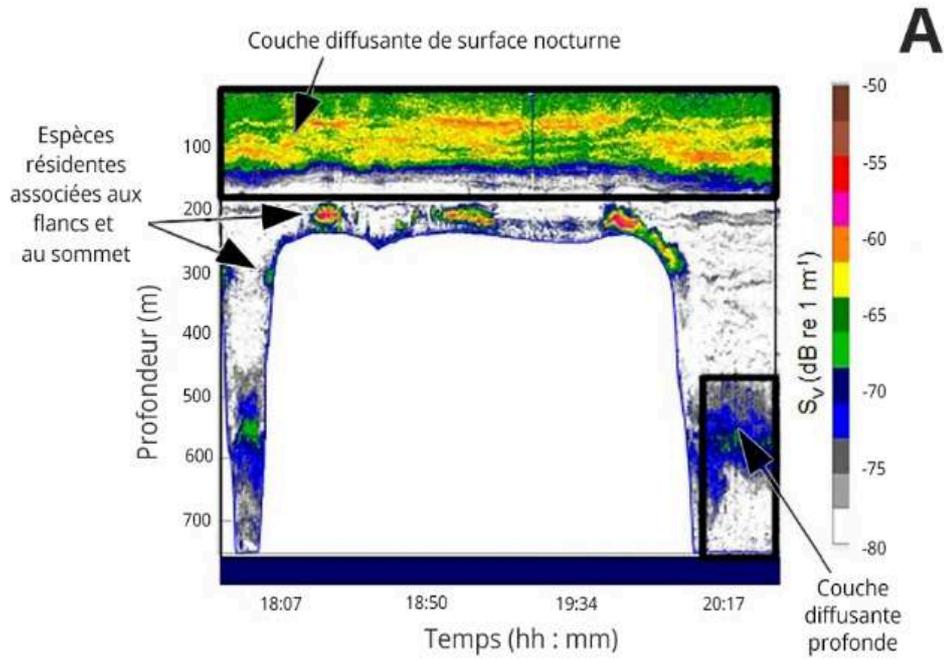
L'abondance acoustique en anchois est indiquée en échelle logarithmique au-dessus du volume d'anchois.

SOURCE : BERTRAND *et al.* (2010)

- 23 Les milieux hauturiers tropicaux, essentiellement oligotrophes (pauvres en nutriments et en ressources), sont encore très mal connus. Cependant dans de telles zones, la présence d'îles océaniques ou de monts sous-marins modifie localement le flux des courants formant des oasis plus productives (MARSAC *et al.*, 2019). De grands prédateurs sont présents dans ces zones tels que les thons, coryphènes, mammifères marins, etc., qui se nourrissent d'organismes de 2 à 20 cm, qui constituent le macrozooplancton et le micronecton. De par leur constitution, ces organismes sont détectables par acoustique (les crustacés, méduses, calmars et autres siphonophores de la figure 2). Ainsi l'étude de la répartition des organismes autour de structures topographiques particulières en milieux hauturiers, permet d'en déterminer l'intérêt comme aire de distribution de mammifères ou de grands poissons et de proies pour ces grands prédateurs. Il a été mis en évidence des concentrations d'organismes sur les flancs et au sommet de monts sous-marins, notamment la nuit dans l'exemple du Mont Cross dans le Pacifique central à quelques centaines de kilomètres des îles hawaïennes (JOHNSTON *et al.*, 2008). Des espèces peuvent être associées aux sommets ou aux flancs des monts comme, par exemple, les proies potentielles de grands prédateurs associées au sommet et aux flancs du mont MAD-Ridge, au sud de Madagascar dans l'océan Indien (ANNASAWMY *et al.*, 2019 ; fig. 10 A et B). Associer acoustique active et acoustique passive (qui consiste à écouter les sons émis par les animaux marins) peut aider à relier la présence des grands prédateurs et les concentrations de leurs proies (JOHNSTON *et al.*, 2008) et, ainsi, fournir des observations quantitatives spatialisées déterminantes pour la prise de décision de protéger ou non un espace.

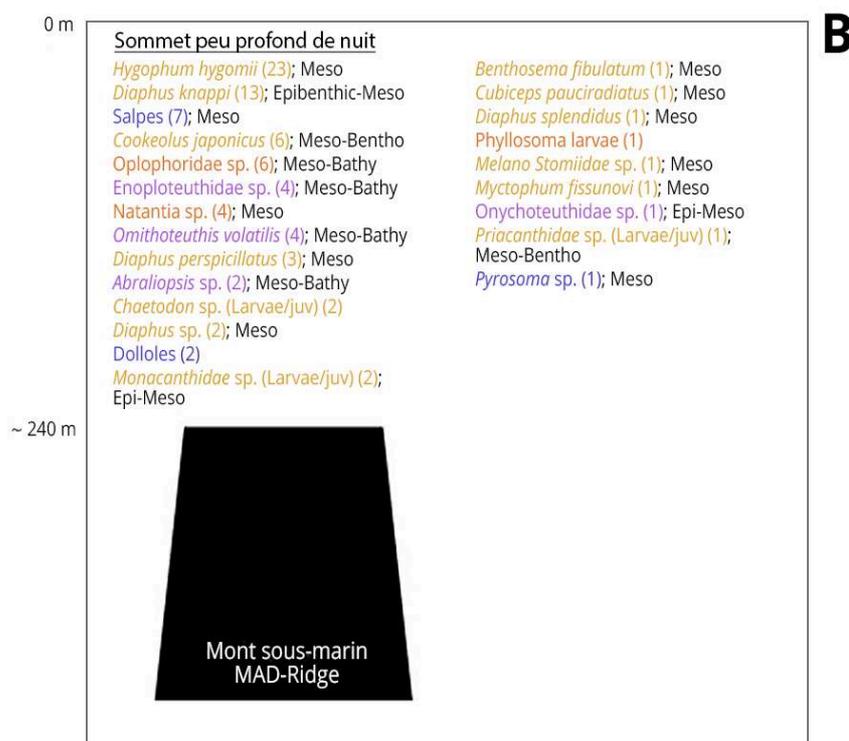
- 24 La présence de structures tourbillonnaires fortes, comme il en existe dans le canal du Mozambique, peut avoir un effet enrichissant plus important que les structures topographiques (ANNASAWMY *et al.*, 2020).

Figure 10 A. Détections acoustiques au sommet du mont sous-marin MAD-Ridge au sud de Madagascar, de nuit



SOURCE : ANNASAWMY *et al.* (2019)

Figure 10 B. Espèces dominantes associées au sommet du mont d'après les chalutages



Catégories d'habitat : Epi : épipélagique ; Meso : mésopélagique ; Bentho : benthopélagique ; Bathy : bathypélagique ; épibenthiques ou l'association de plusieurs habitats

Source : ANNASAWMY *et al.* (2019)

- 25 À l'échelle de la zone économique exclusive (ZEE) autour de la Nouvelle-Calédonie par exemple, la zone pélagique est entièrement intégrée dans le parc naturel de la mer de Corail depuis 2014 ; des réserves intégrales ont été mises en place en 2018 autour de certains récifs éloignés, mais les surfaces protégées restent limitées. Une série de campagnes couvrant la ZEE a fourni les densités acoustiques, leurs distributions horizontales et verticales. Des modèles statistiques permettant d'étudier ces densités au regard des paramètres environnementaux d'une part, de la distribution des grands prédateurs d'autre part, peuvent aider à délimiter d'autres zones d'intérêt prioritaire à préserver, pour la conservation des espèces ou de l'écosystème en général (RECEVEUR *et al.*, 2020, 2021).

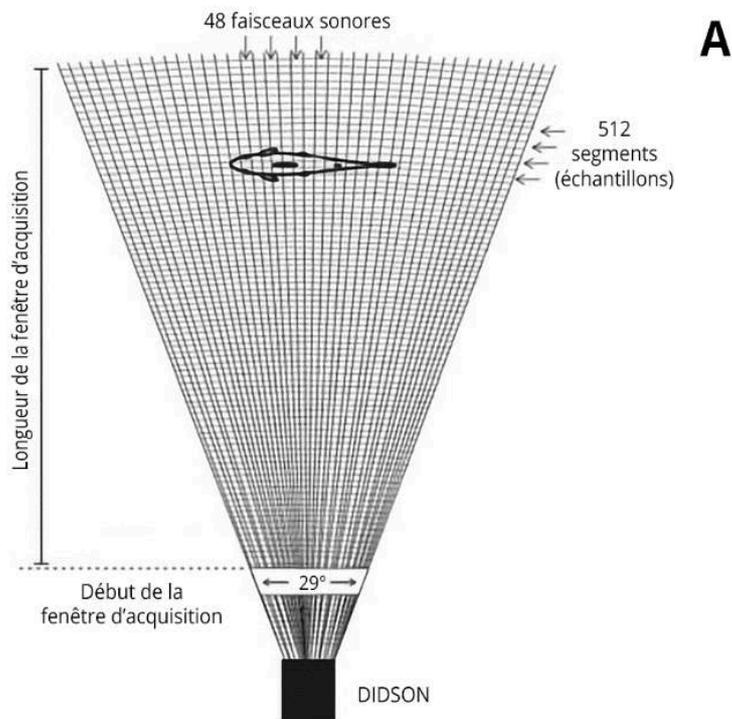
Observations sur le long terme en milieux peu profonds

- 26 Réaliser l'état des lieux d'un écosystème à un moment donné fournit une connaissance synoptique initiale. Cependant, les effets de la mise en place de nouveaux usages ou de mesures de préservation doivent être évalués au travers de suivis sur le moyen ou le long terme. Dans le cas des aires marines protégées (AMP), des suivis sont réalisés et des échantillonnages expérimentaux renseignent sur l'évolution de la diversité spécifique, des tailles, de l'âge à première maturité, des niveaux trophiques, etc. L'étude réalisée dans l'AMP de Bamboung au Sénégal dans l'estuaire du Sine-Saloum (ECOUTIN, 2013) en est un exemple. La détermination de la densité des organismes par acoustique verticale y est difficile du fait de la très faible profondeur du milieu. En effet, le

fonctionnement de l'équipement ne permet pas d'exploiter les deux premiers mètres sous la surface. De plus, l'écho du fond étant beaucoup plus fort que ceux des organismes biologiques, ces derniers ne sont détectables que s'ils sont à 50 cm environ au-dessus du fond. Toutefois, cela apporte un éclairage complémentaire (BÉHAGLE *et al.*, 2018) et sans le biais de la sélectivité des filets expérimentaux. Dans le cas de ces travaux au Sénégal, la variabilité du milieu, la petite taille de l'AMP et des difficultés pratiques à assurer un protocole parfaitement régulier sur la série temporelle, ont rendu difficile une synthèse claire des résultats, et ont mis en évidence le besoin d'une autre méthodologie, notamment la nécessité de privilégier le principe de stations fixes sur des périodes pertinentes (cycles nycthémeraux, saisonniers, de marée, annuels), pour surveiller la dynamique des poissons en des points stratégiques du milieu étudié. Des stations fixes ont été utilisées dans le cadre d'une étude menée au nord du Brésil dans la région de Bragança, associant acoustique et échantillonnage biologique. Les résultats sont la description des schémas de migration des poissons de mangrove, selon leurs tailles, en fonction de la marée. Ces travaux pointent également l'intérêt de combiner les données issues de sondeurs installés en émissions verticales et en émissions horizontales (KRUMME et SAINT-PAUL, 2003) pour mieux quantifier les passages des poissons, quand le milieu est homogène sur la verticale et dominé par des espèces épibenthiques (KRUMME, 2004).

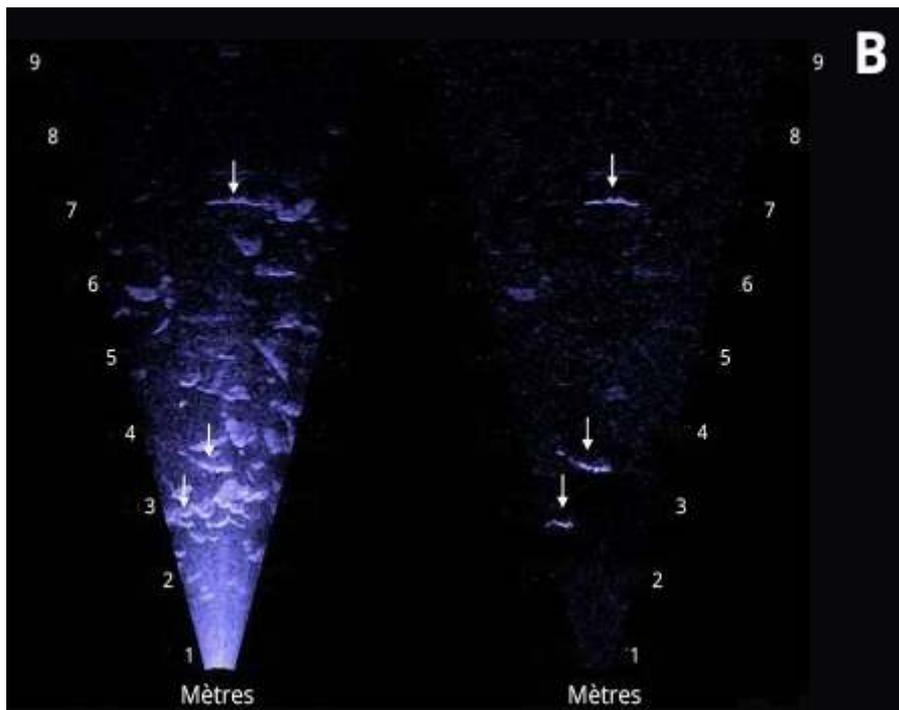
- 27 En milieux très peu profonds, comme indiqué plus haut, les possibilités des sondeurs sont limitées, même utilisés horizontalement : en effet, dès que le faisceau unique de détection (cône de faible ouverture, classiquement $\sim 7^\circ$ ou elliptique de $2^\circ \times 10^\circ$) rencontre la surface ou le fond de l'eau, les autres détections, plus faibles, sont masquées. Les caméras acoustiques, constituées d'un ensemble de faisceaux beaucoup plus fins dans les deux directions et qui fonctionnent comme des échographes médicaux, apportent dans ces milieux d'autres possibilités : si une partie des faisceaux rencontre le fond ou la surface, les autres faisceaux orientés différemment peuvent détecter les cibles biologiques, de plus bas niveaux. De plus, la résolution de l'image, assurée par l'emploi de très hautes fréquences et la vision du mouvement de nage des cibles, permettent dans certains cas de reconnaître les types de cibles. Ces caractéristiques en font un équipement bien adapté aux travaux sur cibles individuelles dans des milieux peu profonds, notamment les suivis de migrations de poissons (fig. 11, MARTIGNAC *et al.*, 2013).

Figure 11 A. Présentation schématique des faisceaux d'une caméra acoustique (DIDSON)



SOURCE : MARTIGNAC *et al.* (2013)

Figure 11 B. Détection de trois poissons (indiqués par les flèches) nageant au-dessus d'un fond rocheux (gauche) et les mêmes poissons après suppression du fond statique par post-traitement (droite) (MAXWELL et GOVE, 2004)



SOURCE : MARTIGNAC *et al.* (2013)

Conclusion

- 28 Dans ce chapitre, le champ des informations fournies par l'acoustique active a été décrit, ainsi qu'une partie des applications pour lesquelles cette approche est indispensable. L'évaluation des stocks des ressources exploitées a été l'une des premières préoccupations de ses utilisateurs, mais les finalités se sont largement étendues depuis la fin des années 1990 avec les progrès technologiques des équipements. Ainsi l'acoustique est devenue un outil incontournable de l'approche écosystémique : elle fournit des informations quantitatives et qualitatives sur les divers composants biotiques d'un écosystème, plancton et necton, et, parfois, sur ses structures physiques. Il s'agit d'une approche privilégiée pour les études en milieux protégés, étant non destructive et non intrusive. La diversité des équipements disponibles permet de les utiliser dans des milieux turbides, encombrés, etc., ou au contraire dans des milieux hauturiers où elle est l'unique méthode donnant une coupe de la colonne d'eau depuis la surface jusqu'au fond. Les connaissances écologiques spatialisées obtenues avec une haute résolution sont précieuses pour répondre à des questions de planification en milieu liquide.

BIBLIOGRAPHIE

ANNASAWMY P., TERNON J.-F., COTEL P., CHEREL Y., ROMANOV E., ROUDAUT G., LEBOURGES-DHAUSSY A., MÉNARD F., MARSAC F., 2019

Micronekton distributions and assemblages at two shallow seamounts of the south-western Indian Ocean: insights from acoustics and mesopelagic trawl data. *Progress in Oceanography*, 178 : 102161.

ANNASAWMY P., TERNON J.-F., LEBOURGES-DHAUSSY A., ROUDAUT G., COTEL P., HERBETTE S., MÉNARD F., MARSAC F., 2020

Micronekton distribution as influenced by mesoscale eddies, Madagascar shelf and shallow seamounts in the south-western Indian Ocean: an acoustic approach. *Deep-Sea Research II*, 176 : 104812.

ANSONG J., GISSI E., CALADO H., 2017

An approach to ecosystem-based management in maritime spatial planning process. *Ocean & coastal management*, 141 : 65-81.

BALLÓN M., BERTRAND A., LEBOURGES-DHAUSSY A., GUTIÉRREZ M., AYÓN P., GRADOS D., GERLOTTO F., 2011

Is there enough zooplankton to feed forage fish populations off Peru? An acoustic (positive) answer. *Progress in Oceanography*, 91 (4) : 360-381.

BÉHAGLE N., GUILLARD J., ECOUTIN J.-M., LAË R., SOW I., TITO-DE-MORAIS L., LEBOURGES-DHAUSSY A., 2018

Acoustic survey of an estuarine marine protected area and of its close vicinity: analysis and monitoring prospective. *Journal of Aquaculture and Fisheries*, 2 (2) : 011.

BENOIT-BIRD K., LAWSON G., 2016

Ecological insights from pelagic habitats acquired using active acoustic techniques. *Annual Review of Marine Science*, 8 :463-490.

BERTRAND A., GERLOTTO F., BERTRAND S., GUTIÉRREZ M., ALZA L., CHIPOLLINI A., DÍAZ E., ESPINOZA P., LEDESMA J., QUESQUÉN R., PERALTILLA S., CHAVEZ F., 2008

Schooling behaviour and environmental forcing in relation to anchoveta distribution: an analysis across multiple spatial scales. *Progress in Oceanography*, 79 : 264-277.

BERTRAND A., BALLON M., CHAIGNEAU A., 2010

Acoustic observation of living organisms reveals the upper limit of the oxygen minimum zone. *PLoS ONE*, 5 (4) : e10330.

ECOUTIN J.-M. (éd.), 2013

L'aire marine protégée communautaire de Bamboung (Sine-Saloum) : synthèse 2003-2011. Dakar, IRD, 157 p. <https://www.documentation.ird.fr/hor/fdi:010060105>

FERNANDES P. G., 2009

Classification trees for species identification of fish-school echotraces. *ICES Journal of Marine Science*, 66 : 1073-1080.

JUHEL P., 2005

Histoire de l'acoustique sous-marine. Paris, Vuibert, coll. Inflexions.

JOHNSTON D.W., MCDONALD M., POLOVINA J., DOMOKOS R., WIGGINS S., HILDEBRAND J., 2008

Temporal patterns in the acoustic signals of beaked whales at Cross Seamount. *Biology Letters*, 4 : 208-211.

KORNELIUSSEN R. J. (ED.), 2018

Acoustic target classification. *ICES Cooperative Research Report*. 344. 104 p.

KORNELIUSSEN R. J., HEGGELUND Y., MACAULAY G. J., PATEL D., JOHNSEN E., ELIASSEN I. K., 2016

Acoustic identification of marine species using a feature library. *Methods in Oceanography*, 17 : 187-205.

KRUMME U., 2004

Patterns in tidal migration of fish in a Brazilian mangrove channel as revealed by a split-beam echosounder. *Fisheries Research*, 70 : 1-15.

KRUMME U., SAINT-PAUL U., 2003

Observations of fish migration in a macrotidal mangrove channel in Northern Brazil using a 200 kHz split-beam sonar. *Aquatic Living Resources*, 16 : 175-184.

LAVERY A. C., WIEBE P. H., STANTON T. K., LAWSON G. L., BENFIELD M. C., COPLEY N., 2007

Determining dominant scatterers of sound in mixed zooplankton populations. *J. Acoust. Soc. Am.*, 122 (6) : 3304-3326.

LE PAPE O., DELAVENNE J., VAZ S., 2014

Quantitative mapping of fish habitat: a useful tool to design spatialized management measures and marine protected area with fishery objectives. *Ocean & Coastal Management*, 87 : 8-19.

LILJA J., ORELL P., 2011

Use of Didson to estimate spawning run of Atlantic salmon in the River Karasjohka, the tributary of the River Tana. *Finnish Game and Fisheries Research Institute*, 25 p.

MARSAC F., GALLETTI F., TERNON J.-F., ROMANOV E. V., DEMARCQ H., CORBARI L., BOUCHET P., ROEST W., JORRY S., OLU K., LONCKE L., ROBERTS M. J., MÉNARD F., 2019

Seamounts, plateaus and governance issues in the southwestern Indian Ocean, with emphasis on fisheries management and marine conservation, using the Walters Shoal as a case study for implementing a protection framework. *Deep-Sea Research II-Topical Studies in Oceanography*, 176 : 104715.

MARTIGNAC F., DAROUX A., BAGLINIERE J.-L., OMBREDANE D., GUILLARD J., 2013

The use of acoustic cameras in shallow waters: new hydroacoustic tools for monitoring migratory fish population. A review of Didson technology. *Fish and fisheries*, 16 (3) : 486-510.

MAXWELL S. L., GOVE N. E., 2004

The feasibility of estimating migrating salmon passage rates in turbid rivers using a dual frequency identification sonar (Didson). Regional Information Report1, N° 2A04-05, Alaska Department of Fish and Game Division of Commercial Fisheries. 88 p.

MCLENNAN D.N., FERNANDES P.G., DALEN J., 2002

A consistent approach to definitions and symbols in fisheries acoustics. *ICES Journal of Marine Science*, 59 (2) : 365-369.

MORENO G., JOSSE E., BREHMER P., NØTTESTAD L., 2007

Echotrace classification and spatial distribution of pelagic fish aggregations around drifting fish aggregating devices (DFAD). *Aquatic Living Resources*, 20 : 343-356.

RECEVEUR A., MENKES C., ALLAIN V., LEBOURGES-DHAUSSY A., NERINI D., MANGEAS M., MÉNARD F., 2020

Seasonal and spatial variability in the vertical distribution of pelagic forage fauna in the Southwest Pacific. *Deep-Sea Research Part II-Topical Studies in Oceanography*, 175 : 104655.

RECEVEUR A., ALLAIN V., MÉNARD F., LEBOURGES-DHAUSSY A., LARAN S., RAVACHE A., BOURGEOIS K., VIDAL E., HARE S., WEIMERSKIRCH H., BORSA P., MENKES C., 2021

Modelling marine predator habitat using the abundance of its pelagic prey in the tropical south-western Pacific. *Ecosystems*. <https://doi.org/10.1007/s10021-021-00685-x>

SALVETAT J., LEBOURGES-DHAUSSY A., TRAVASSOS P., GASTAUER S., ROUDAUT G., VARGAS G., BERTRAND A., 2019

In situ target strength measurement of the black triggerfish *Melichthys niger* and the ocean triggerfish *Canthidermis sufflamen*. *Marine and Freshwater Research*, 71 (9) : 1118-1127.

SALVETAT J., BEZ N., HABASQUE J., LEBOURGES-DHAUSSY A., LOPES C., ROUDAUT G., SIMIER M., TRAVASSOS P., VARGAS G., BERTRAND A., 2022

Comprehensive spatial distribution of tropical fish assemblages from multifrequency acoustics and video fulfils the island mass effect framework. *Scientific Reports*, 12 : 8787. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-12409-9>

SARRÉ A., KRAKSTAD J.-O., BREHMER P., MBYE E. M., 2018

Spatial distribution of main clupeid species in relation to acoustic assessment surveys in the continental shelves of Senegal and The Gambia. *Aquatic Living Resources*, 31 (9).

SIMMONDS J., MACLENNAN D., 2005

Fisheries acoustics. Theory and practice. Second edition. New Jersey, Wiley-Blackwell, 456 p.

STANTON T. K., CHU D., JECH J. M., IRISH J. D., 2010

New broadband methods for resonance classification and high-resolution imagery of fish with swim bladders using a modified commercial broadband echosounder. *ICES Journal of Marine Science*, 67 : 365-378.

SUND O., 1935

Echo sounding in fishery research. *Nature*, 135 (3423) : 953.

TRENKEL V. M., RESSLER P. H., JECH M., GIANNOULAKI M., TAYLOR C., 2011

Underwater acoustics for ecosystem-based management: state of the science and proposals for ecosystem indicators. *Marine Ecology Progress Series*, 442 : 285-301.

AUTEUR

ANNE LEBOURGES-DHAUSSY

Écologue marin, acousticienne, Lemar, IRD, France.

Chapitre 4. Communautés locales et ressource globale

Le thon jaune (*Thunnus albacares*) au Cabo Verde

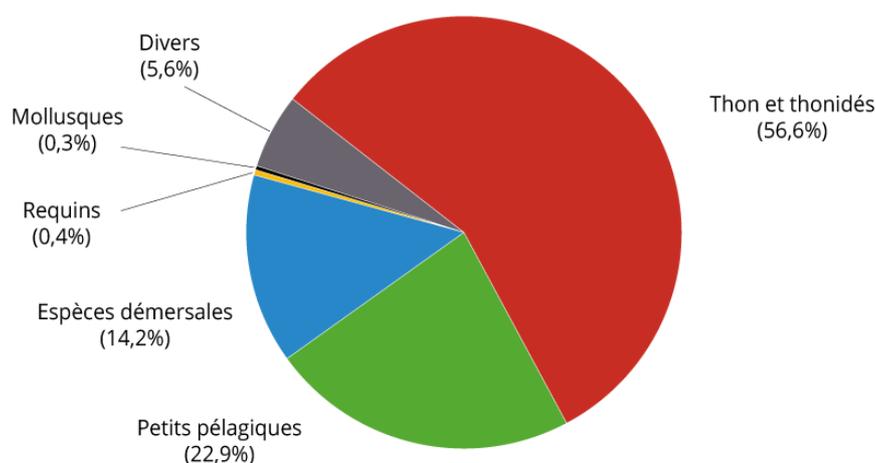
Périclès Silva, Ivanice Monteiro, Vito Ramos et Marie Bonnin

- 1 Les ressources halieutiques sont l'une des rares ressources naturelles du Cabo Verde¹. Bien que cet archipel soit situé à proximité d'une importante zone de productivité primaire et qu'il possède une vaste zone économique exclusive (ZEE) de 734 265 km², son potentiel en ressources halieutiques est bas. La faible extension du plateau continental, l'origine volcanique, la rareté des systèmes d'*upwelling* locaux, les régimes hydrologique et océanographique des eaux maritimes, l'absence de cours d'eau et la rareté des pluies sont des facteurs explicatifs de ce potentiel relativement modeste.
- 2 La biodiversité marine a les caractéristiques de celle de systèmes insulaires tropicaux, avec une grande variété d'espèces et des petites populations d'une abondance relativement faible. Les principales ressources halieutiques sont les grands pélagiques, les petits pélagiques, les poissons démersaux, les requins de surface, les poissons d'eau profonde, les homards et autres gastéropodes. Parmi les grands pélagiques océaniques, le thon et les espèces apparentées, on distingue le thon jaune (*Thunnus albacares*), la bonite à ventre rayé (*Katsuwonus pelamis*), le thon obèse (*Thunnus obesus*), le petit thon (*Euthynnus alleteratus*), le juif (*Auxis thazard*) et le wahoo (*Acanthocybium solandri*). Ce groupe comprend également le mahi-mahi (*Coryphaena hippurus*) et les espèces à bec (Istiophoridae, Xiphiidae). Ce sont essentiellement des espèces migratoires océaniques, avec des passages saisonniers dans les eaux du Cabo Verde, bien qu'il existe des populations résidentes pour certaines espèces.
- 3 Le thon jaune est l'une des espèces les plus importantes d'un point de vue économique, avec environ 35 % des captures artisanales et 24 % des captures nationales de thon au Cabo Verde (INDP, 2018). Il s'agit d'une espèce tropicale et subtropicale distribuée principalement dans les eaux océaniques épipélagiques des océans Atlantique, Pacifique et Indien (ARRIZABALAGA *et al.*, 2015). Dans l'Atlantique, le thon jaune migre de façon saisonnière en évitant les zones où les températures de surface de la mer (TSM) sont les plus basses. Les prises de thon jaune y sont élevées. Au cours des deuxièmes,

troisièmes et quatrièmes trimestres de l'année, les prises augmentent autour du Cabo Verde. Durant les deux premiers trimestres, les thons jaunes se concentrent principalement dans l'Atlantique équatorial et ils étendent leur aire de répartition dans le golfe de Guinée. Les thons jaunes juvéniles déploient leur habitat dans l'Atlantique subtropical occidental jusqu'au golfe du Maine (FONTENEAU et SOUBRIER, 1995). Les tailles exploitées vont de 30 cm à plus de 170 cm ; sa taille à maturité est d'environ 100 cm. Dans une analyse des besoins en habitat du thon à l'échelle mondiale, ARRIZABALAGA *et al.* (2015) montrent que les thons jaunes ont des besoins en habitat très spécifiques avec une préférence pour les eaux de surface chaudes (> 24 °C). Les taux de capture les plus élevés dans l'Atlantique tropical sont liés à des températures de l'eau de 24-25 °C (LAN *et al.*, 2013).

- 4 La pêche au thon est un secteur d'activité important, avec 25 % des captures totales au Cabo Verde (fig. 1). Elle est très importante tant pour les communautés artisanales de pêcheurs que pour les accords de pêche qui existent entre le Cabo Verde et les flottes étrangères. Dans ce chapitre, nous nous intéressons à cette espèce, qui est à la fois au cœur de négociations internationales et du quotidien des pêcheurs de communautés artisanales, avec pour illustration un reportage photo d'une journée de pêche à Sao Pedro.

Figure 1. Contributions moyennes (%) des débarquements par groupes d'espèces au cours de la période 2014-2018



Source : statistiques annuelles nationales des pêches publiées par l'Institut national pour le développement de la pêche (INDP)

La pêche au thon jaune au Cabo Verde

- 5 Au Cabo Verde, ainsi que dans plusieurs autres pays d'Afrique de l'Ouest, le secteur de la pêche est considéré comme une activité multifonctionnelle d'une grande importance économique, sociale et environnementale. Le poisson et les produits de la pêche constituent l'aliment de base et la principale source de protéines animales d'une grande partie de la population cap-verdienne. La pêche fait partie du patrimoine culturel et favorise le tourisme (pêche récréative). Les exportations des produits de la pêche sont très importantes pour l'équilibre de la balance des paiements, représentant plus de 80 % de la valeur des exportations de biens du pays. Outre sa modeste

contribution primaire à la richesse nationale, le secteur de la pêche est stratégique et revêt une grande importance pour le développement économique et social du Cabo Verde en général. Ainsi, cette pêcherie fait l'objet d'une régulation à la fois à l'échelle nationale et internationale par le biais de contrats.

Le thon jaune, une ressource nationale essentielle

- 6 La pêche au thon jaune est régulée, à l'échelle nationale, par un plan de gestion des ressources de la pêche adopté en 2020². Ce plan pose les grandes orientations des politiques relatives à la pêche pour la période 2020-2024. Il est complété par des plans exécutifs biannuels de gestion des ressources de la pêche. L'innovation majeure de ce nouveau plan de gestion des pêches est la mise en place d'un système de quotas individuels pour plusieurs espèces. La pêche au thon jaune n'est pas concernée par le système des quotas, mais le texte précise que celle-ci sera organisée dans le strict respect des règles fixées par la Commission internationale pour la conservation des thonidés de l'Atlantique (Iccat). Il prévoit également que le système de licences sera révisé afin que celles-ci soient accordées séparément pour chaque espèce de thon. Un plan spécifique pour les différentes espèces pêchées est établi annuellement. Le plan spécifique relatif à la pêche du thon jaune souligne l'importance pour les navires de pêche industrielle de fournir des statistiques sur les captures. De manière très innovante, il requiert également des études socio-économiques sur la pêche.
- 7 Le plan de gestion des ressources halieutiques de la pêche au Cabo Verde divise la flotte en trois catégories : artisanale, industrielle et semi-industrielle. En pratique, la « frontière » entre les sous-secteurs de la pêche artisanale et (semi-) industrielle n'est pas évidente. Il existe des interactions et une complémentarité au niveau du personnel, avec une mobilité des pêcheurs d'un secteur à l'autre, selon les possibilités de plus grandes prises et donc de revenus plus élevés. En outre, il est important de tenir compte des synergies existantes en termes d'échange d'expériences, de savoir-faire et d'utilisation conjointe de certaines infrastructures.

Une pêche semi-industrielle et industrielle limitée

- 8 La pêche industrielle et semi-industrielle, qui cible les petits pélagiques, le thon, les requins, les crustacés, etc., est pratiquée par treize communautés, avec 119 navires d'une longueur moyenne de 12 m. Le tableau 1 présente les espèces de thon pêchées. Le recensement de 2011 montre que les plus grands navires sont situés sur les îles Barlavento, où la taille maximale observée est de 26 m (sur l'île de São Vicente). L'île de Santiago accueille le plus grand nombre de navires (47 %), suivie par São Vicente et Sal avec respectivement 27 et 10 %. Santo Antão, Maio et São Nicolau, et Brava, ne représentent que 6 %, 4 % et 1 % de la flotte respectivement (INDP, 2019). La flotte industrielle et semi-industrielle est âgée puisque les navires ont entre 4 et 28 ans (moyenne de 17 ans) ; elle présente une puissance motrice interne de 25 à 500 chevaux-vapeur (CV), un tonnage de 2,5 à 121 tonnes de jauge brute (TJB), et dix membres d'équipage en moyenne par navire.

Tableau 1. Captures totales (en tonnes) pour différentes espèces de thon sur la période 2013-2018 (y compris les navires battant pavillon)

Espèces	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Total général
SKJ	16 444	16 615	17 600	10 925	7 823	1 154	70 561
YFT	7 596	4 763	7 866	6 990	2 837	1 572	31 623
FRI	2 717	5 686	3 556	2 324	1 795	4 773	20 850
BET	1 378	2 368	2 764	1 680	1 107	1 418	10 714
WAH	445	445	445	490	228	298	2 352
LTA	570	310	131	218	113	104	1 445
Total général	29 149	30 188	32 364	22 625	13 902	9 319	137 547

BET : Bigeye tuna, *Thunnus obesus* ; FRI : Frigate tuna, *Auxis thazard*, LTA : Little tunny, *Euthynnus alletteratus* ; SKJ : Skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis* ; WHA : Wahoo, *Acanthocybium solandri* ; YFT : Yellowfin tuna, *Thunnus albacares*
Source : INDP

La pêche artisanale

- 9 La législation cap-verdienne définit la pêche artisanale comme celle pratiquée par des navires qui ne disposent pas de pont et qui ont la glace ou le sel comme seul moyen de conserver les produits de la pêche.
- 10 La pêche artisanale est traditionnelle dans toutes les îles. Elle constitue une source importante d'emplois et, dans certaines îles, une des principales productions et un axe de développement. Elle emploie environ 2,1 % de la population totale et 5,2 % de la main-d'œuvre cap-verdienne. Elle emploie directement plus de 5 000 pêcheurs âgés de 45 ans en moyenne (INDP, 2019). La vente et la distribution des produits de la pêche sont presque exclusivement réalisées par des femmes. Dans le secteur de la pêche artisanale, elles sont principalement employées en tant que vendeuses de poissons et sont âgées en moyenne de 40 ans (INDP, 2011).
- 11 La flotte artisanale est composée de 1 239 bateaux, chacun avec trois ou quatre pêcheurs et opérant dans la zone côtière jusqu'à 3 miles de la terre. Les bateaux de pêche artisanale sont longs de 4 à 8 m et larges de 1,5 à 2,5 m. Ils sont construits principalement en bois et ont 8 ans en moyenne. Les moyens de propulsion utilisés sont des moteurs hors-bord, des voiles et des rames. Le taux de motorisation était de 72 % en 2011 (INDP, 2011), bien que des résultats plus récents, non officiels, obtenus lors d'enquêtes de terrain, aient montré des valeurs supérieures à 80 % sur l'ensemble de l'archipel. La puissance du moteur varie entre 5 et 25 CV et peut être combinée à des rames ou des bougies d'allumage. Le dispositif de pêche le plus utilisé est celui de la ligne et hameçon, avec 99 % des dispositifs utilisés dans la pêche artisanale.
- 12 Les captures artisanales sont constituées d'une grande variété d'espèces, avec plus de 150 espèces débarquées chaque année (GONZÁLEZ et TARICHE, 2009). Cette pêche « multi-espèce » est liée au nombre varié d'engins utilisés : ligne à main (89 %), senne (1 %), filet

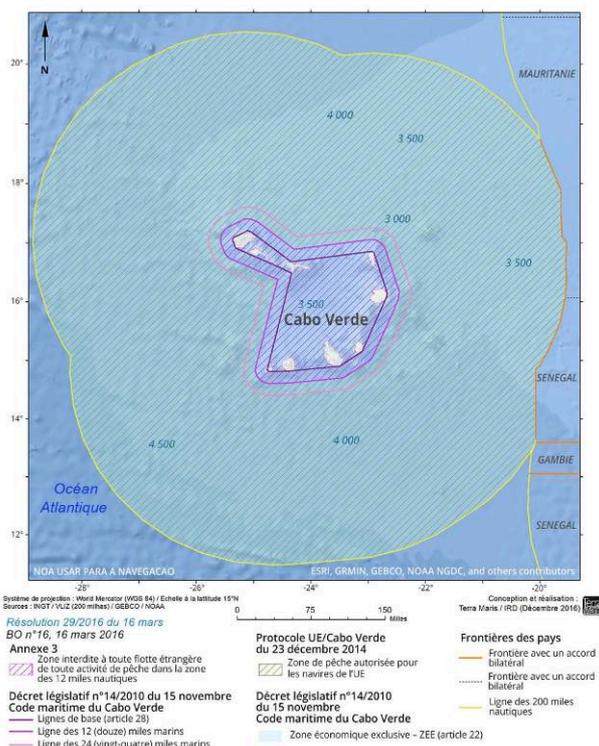
maillant (3 %), filet de plage (1 %) et plongée (5 %) (INDP, 2011). De plus, un type d'engin permet de capturer différentes espèces. Les bateaux pêchent le thon, les espèces démersales et les petits pélagiques à la ligne ainsi qu'à la senne, au filet maillant et au filet de plage.

- 13 Ces bateaux sont répartis dans 80 ports de débarquement. Selon les statistiques de l'Institut national pour le développement de la pêche (INDP), la composition des débarquements de 2014 à 2018 montre que le groupe des thonidés contribue aux débarquements les plus importants au fil des ans, suivi des espèces démersales puis des petits pélagiques, sauf pour 2018, année au cours de laquelle les espèces démersales étaient le principal groupe capturé (INDP, 2019).
- 14 Les thons jaunes (*Thunnus albacares*) représentent 24 % du total des captures artisanales et industrielles de thon au Cabo Verde et 55 % de la pêche artisanale du thon (INDP, 2019). Par conséquent, cette espèce peut être considérée comme une ressource ayant un impact important sur les communautés de pêche artisanale au Cabo Verde.

Le thon jaune, une ressource partagée

- 15 La pêche au thon au Cabo Verde est pratiquée par des flottes nationales et étrangères. Les flottes étrangères sont composées de navires européens, chinois, japonais et sénégalais qui opèrent dans les eaux du pays dans le cadre d'accords de pêche bilatéraux. Au cours des dernières décennies, le Cabo Verde a en effet signé des accords et des contrats de pêche avec plusieurs pays, notamment avec le Sénégal, la Chine et le Japon, ainsi qu'avec l'Union européenne (UE). Ces accords et ces contrats autorisent ces pays à pêcher dans la ZEE du Cabo Verde selon les règles édictées par le plan de gestion de la pêche, c'est-à-dire au-delà d'une zone de 12 miles à partir des lignes de base (fig. 2).
- 16 L'accord de partenariat dans le secteur de la pêche conclu entre l'UE et la République du Cabo Verde, signé le 24 juillet 1990, est l'un des plus anciens. Depuis, six protocoles ont été mis en œuvre, dont trois dans le cadre de l'accord de partenariat dans le secteur de la pêche (APP), entré en vigueur le 1^{er} septembre 2007.

Figure 2. Cartographie du plan de gestion de la pêche maritime étrangère dans la ZEE du Cabo Verde



Source : IRD/Terra Maris

Les accords de partenariats de pêche durable de l'Union européenne (APPD)

- 17 La Communauté économique européenne a conclu ses premiers accords de pêche bilatéraux à la fin des années 1970. Plus de trente autres accords bilatéraux ont été conclus jusqu'à aujourd'hui, principalement avec des États en développement d'Afrique ou du Pacifique. La négociation d'accords de pêche bilatéraux s'est multipliée avec l'adoption de la convention des Nations unies sur le droit de la mer (UNCLOS) adoptée en 1982. Cette convention internationale établit une souveraineté juridique des États côtiers sur les ressources marines vivantes dans les zones maritimes situées à moins de 200 milles marins de leurs lignes de base (c'est-à-dire la zone économique exclusive, ZEE). La conclusion d'accords bilatéraux avec des pays tiers est apparue nécessaire pour permettre aux flottes de l'UE d'avoir accès aux surplus de stocks de poissons qui ne sont pas utilisés par les flottes locales des États côtiers. Chaque APPD est un accord exclusif : une fois conclu, les navires de l'UE ne peuvent pêcher qu'au titre de cet APPD, et ils ne sont pas autorisés à conclure des accords privés avec ce pays partenaire. L'APPD définit le champ d'application et les principes de base de la coopération. Il est complété par un protocole qui autorise l'accès de navires européens et précise les possibilités de pêche, les quantités, les méthodes de paiement, les modalités de coopération, etc.
- 18 Les APPD avec les pays tiers sont négociés et conclus par la Commission européenne (CE) au nom de l'UE. Ils permettent aux navires de l'UE de pêcher les stocks excédentaires dans la ZEE du pays, dans un environnement légalement réglementé. Ces accords mettent également l'accent sur la conservation des ressources et la durabilité environnementale, en garantissant que tous les navires de l'UE sont soumis aux mêmes

règles de contrôle et de transparence. Dans le même temps, une clause relative au respect des droits de l'homme a été incluse dans tous les protocoles de ces accords.

- 19 Ces accords ont été critiqués à plusieurs reprises pour leur incapacité à traiter de manière adéquate les questions de durabilité écologique et, dans une moindre mesure, socio-économique de la pêche européenne. Les critiques de la dimension internationale de la politique ajoutent à ces préoccupations un jugement moral sur la justesse de l'achat par l'Europe riche et puissante des ressources halieutiques de pays pauvres et vulnérables (KACZYN-SKI et FLUHARTY, 2002 ; BARTELS, 2007 ; SSNC, 2009 in CARNEIRO, 2012).
- 20 Les faibles niveaux de connaissance de l'état de nombreux stocks négociés, de surveillance et de contrôle des activités de pêche de la CE sont insuffisants pour assurer la durabilité écologique des accords. En général, les accords de pêche de la CE ont été, et continuent d'être, mis en œuvre dans des contextes d'information et de contrôle insuffisants, et le cas du Cabo Verde ne fait pas exception.

Le protocole UE-Cabo Verde en vigueur

- 21 Le protocole de pêche actuellement en vigueur avec le Cabo Verde a été adopté le 20 mai 2019. Cet accord de pêche permet aux navires européens, d'Espagne, du Portugal et de France, de pêcher dans les eaux cap-verdiennes et fait partie des accords de pêche du réseau thonier en Afrique de l'Ouest.
- 22 Les possibilités de pêche accordées aux navires de l'UE au titre de l'article 5 de l'accord sont fixées comme suit :
- thoniers senneurs congélateurs : 28 navires ;
 - thoniers canneurs : 14 navires ;
 - palangriers de surface : 27 navires.
- 23 L'article 4, alinéa 2 précise le montant annuel de la contrepartie financière versée par l'UE visée à l'article 7 de l'accord qui s'élève à 750 000 €, répartis comme suit :
- un montant annuel à titre de compensation financière pour l'accès aux ressources de 400 000 € par an, équivalent à un tonnage de référence de 8 000 t par an ;
 - un montant spécifique de 350 000 € par an destiné à appuyer la mise en œuvre de la politique sectorielle de la pêche du Cabo Verde.
- 24 En outre, les redevances dues par les armateurs européens pour les autorisations de pêche délivrées en vertu des articles 5 et 6 de l'accord et selon les procédures prévues au chapitre II, section 2 de l'annexe du présent protocole, s'élèvent à 600 000 € par an.
- 25 Cette contribution financière est complétée par une obligation de coopération scientifique détaillée par l'article 6. En effet, pendant la période couverte par le protocole, l'UE et les autorités cap-verdiennes doivent assurer le suivi de l'évolution des captures, de l'effort de pêche et de l'état des ressources halieutiques dans la zone de pêche du Cabo Verde pour toutes les espèces ciblées par le protocole, notamment le thon jaune.
- 26 Des mesures spécifiques s'appliquent aux thoniers. Ainsi la pêche à la canne est autorisée dans une zone au-delà des 12 milles nautiques des lignes de base, la pêche à la senne et à la palangre de surface au-delà des 18 milles nautiques des lignes de base.
- 27 Au cours de l'accord 2014-2018, 38 licences de pêche ont été accordées à des navires en 2015, 42 en 2016 et 45 en 2017, avec un taux d'utilisation moyen de 59,1 %, à ce jour. Le pays qui utilise le plus les possibilités de pêche reste l'Espagne, avec 26 licences

accordées en 2015, 28 en 2016 et 34 en 2017, soit un taux d'utilisation maximum de 37 % en 2015 et 39 % en 2016. La France suit avec 14, % et 15 % d'utilisation en 2015 et 2016 respectivement. Il convient de noter que les navires portugais sont les moins demandés pour les licences de pêche, avec environ 4 % (ALMADA, 2018).

- 28 Le tableau 2 indique les taux d'utilisation par type de navire en 2015, 2016 et 2017.

Tableau 2. Taux d'utilisation annuel par type de navire

	Taux d'utilisation (%)		
	2015	2016	2017
Senneurs	75	75	75
Palangriers de surface	75	40	53
Canne et ligne	61,5	69	62

Source : INDP (2018)

- 29 Selon ALMADA (2018), l'évaluation *a posteriori* du protocole actuel indique que l'utilisation des possibilités de pêche négociées par les navires de l'UE est acceptable si l'on tient compte de l'efficacité de ces navires en termes de quantités capturées pendant la période 2015-2017. Les captures annuelles moyennes dans le cadre de l'accord sont de 6 181 t, avec une valeur globale générée estimée à 4,2 M€ par an pour les pays de l'UE et le Cabo Verde (bénéfices pour les opérateurs, salaires des équipages de l'UE et du Cabo Verde, et certains bénéfices pour la transformation des captures en aval dans les conserveries de Côte d'Ivoire, d'Espagne et de France).

L'importance du thon jaune pour les communautés locales : le cas de Sao Pedro

- 30 La pêche joue un rôle important dans le développement socio-économique des communautés de pêcheurs du Cabo Verde. C'est leur principale activité économique, parfois complétée par d'autres activités telles que l'élevage, le commerce et, plus récemment, le tourisme. La pêche offre des revenus aux communautés et c'est le plus grand fournisseur d'emplois, y compris des femmes.
- 31 Le Cabo Verde compte environ 83 communautés de pêcheurs. Presque toutes sont organisées en associations. Le profil type d'un pêcheur artisanal est un individu aux revenus généralement faibles, dont le ménage compte en moyenne entre cinq et sept membres. Malgré l'enseignement primaire obligatoire, leur niveau d'éducation reste faible, en général jusqu'à la 4^e année d'enseignement primaire (l'enseignement obligatoire au Cabo Verde comprend 6 ans d'enseignement primaire et 2 ans d'enseignement secondaire) (cf. encadré 1). Cela réduit leur possibilité d'exercer des activités économiques alternatives et place les professionnels du secteur de la pêche parmi les travailleurs les plus susceptibles d'être pauvres.

Encadré 1. Importance de la formation : le cas du Cabo Verde

Osvaldina SILVA

Au Cabo Verde, le gouvernement a fait le pari d'utiliser la formation et la recherche pour la mise en œuvre efficace de la planification de l'espace maritime (PEM). Le processus de planification de l'espace maritime du pays a commencé par la décision politique d'encadrer l'économie bleue, en s'engageant dès 2015 à travailler sur la transition de l'économie maritime à l'économie bleue, avec l'adoption de la Charte pour la promotion de la croissance bleue, renforcée par la Charte politique pour l'économie bleue au Cabo Verde (résolution 172/2020). Dans le cadre de ce scénario, a été créée la zone économique spéciale maritime de São Vicente (ZEEMSV), dont l'objectif est d'utiliser la mer et la situation géographique du Cabo Verde pour le développement d'une économie maritime intégrée, favorisant ainsi une chaîne d'industries et de services liés à la mer (loi n° 94/IX/2020). Pour mettre en œuvre cette démarche, il est impératif d'investir dans le renforcement des capacités des ressources humaines, ce qui nécessite la participation active des secteurs de l'éducation, de la formation technique et professionnelle et de la recherche universitaire et appliquée. À cette fin, le gouvernement du Cabo Verde a créé le Campus do Mar, relevant du ministère de la Mer et du ministère de l'Éducation, comme une plateforme de formation et de recherche pour soutenir le processus de PEM.

Le Campus do Mar vise à poursuivre le développement de programmes innovants et de partenariats stratégiques dans les domaines de la mer, de la pêche, des technologies de transport maritime et du changement climatique (décret-loi n° 1/2020, article n° 6). Le Campus do Mar est une structure intégrée, soutenue par trois piliers, à savoir l'École de la mer (Emar), l'Institut de la mer (Imar) et l'université technique de l'Atlantique (UTA). L'Emar est une institution publique qui vise à développer et mettre en œuvre une formation professionnelle modulaire de base dans les domaines de la mer, de l'économie maritime et des domaines connexes (décret-loi n° 2/2020, article 1). L'Imar a pour mission de promouvoir et de coordonner la recherche scientifique appliquée dans le domaine de la pêche, de l'océanographie, de la biologie marine, de l'aquaculture, du développement technologique de la pêche et des statistiques de la pêche (décret-loi n° 40/2019, article 4). L'UTA a pour objectif de promouvoir la formation humaine au plus haut niveau, dans ses dimensions éthiques, culturelles, scientifiques, artistiques, techniques et professionnelles, à travers une offre éducative diversifiée, en menant des recherches, en transférant et en échangeant des connaissances, en dispensant des formations continues et en soutenant le développement et l'entrepreneuriat, en contribuant au développement social et économique du pays et de la région et à la connaissance, à la défense et à la diffusion de son patrimoine naturel et culturel, ainsi qu'en fournissant des services à la communauté (décret-loi n° 53/2019, article 2). Les unités d'enseignement et de recherche de l'UTA sont « l'Institut d'ingénierie et de sciences marines » sur l'île de São Vicente, « l'Institut d'aéronautique et d'industrie touristique », sur l'île de Sal, « l'Institut des sciences et technologies agricole » sur l'île de Santo Antão et « l'Institut des arts, technologies et culture » sur l'île de São Vicente (décret-loi n° 53/2019, article 78). L'UTA a mis en place un master sur le changement climatique et les sciences de la mer, en partenariat avec WASCAL (*West African science service center on climate*

change and adapted land use). L'UTA mène une recherche multidisciplinaire et interdisciplinaire et a pour objectif de conseiller les processus d'élaboration des politiques aux niveaux régional, national et international ; il a mis en place un master et un doctorat en océanographie et gestion des ressources marines, en partenariat avec l'université de Vigo en Espagne, où, en plus des disciplines traditionnelles, sont abordées les questions liées à la gouvernance dans l'espace maritime.

Ces trois structures complémentaires permettront de créer des compétences pour la mise en œuvre de la planification spatiale marine.

- 32 São Pedro est un village de pêcheurs sur l'île de São Vicente, dans l'archipel du Cabo Verde (fig. 3). C'est l'une des communautés de pêche pour lesquelles les principales espèces ciblées sont le thon et les petits pélagiques, le thon jaune faisant partie des espèces les plus pêchées.

Figure 3. Bateaux de pêche artisanale à Sao Pedro



© S. Hervé

- 33 Ce village est situé à 7 km au sud-ouest de la ville de Mindelo, capitale de l'île. Au nord-est du village se trouve l'aéroport qui dessert l'île. Le paysage est aride, mais possède une baie abritée appréciée au niveau international, avec de bonnes conditions pour les sports nautiques (plongée et planche à voile) ; un écotourisme se développe basé sur l'observation des tortues marines, mais qui manque de réglementation et de suivi technique (INDP, 2019).
- 34 La population de São Pedro est estimée à 991 habitants, 513 hommes et 478 femmes répartis dans 203 ménages (INE, 2010), avec 435 résidents actifs âgés de 15 ans et plus. La communauté dispose d'organisations sociales, à savoir l'Association pour le

développement communautaire et l'Association des pêcheurs de la nouvelle génération de São Pedro. Cette dernière a été créée en 2002 dans le but de défendre les intérêts des pêcheurs et, indirectement, de la communauté, dont toutes les familles dépendent de l'activité de pêche. La pêche joue ainsi un rôle important dans le développement socio-économique local, avec plus de la moitié de la population vivant des revenus de cette activité. Les principales espèces pêchées sont les petits pélagiques, le thon et le buzio-cabra, qui sont pour la plupart vendus sur le marché aux poissons de Mindelo.

- 35 Selon la Direction générale des ressources marines, la communauté de São Pedro comptait, en 2018, 36 bateaux artisanaux (fig. 4), dont deux inactifs, soit un taux d'inactivité de 6 %. Le taux de motorisation y est de 100 %, légèrement supérieur au taux de 96 % de l'île. La communauté de São Pedro représente 31 % de tous les bateaux de l'île de São Vicente.
- 36 Comme dans la plupart des communautés de pêcheurs du pays, la ligne à main artisanale y est l'engin de pêche le plus utilisé pour la pêche au thon, avec des hameçons circulaires simples ou des hameçons en J (fig. 4). Tous les engins sont préparés la veille et chaque bateau utilise jusqu'à quatre à six lignes avec appât.

Figure 4. Pêcheur préparant des lignes et des hameçons



© P. Silva, 2019

- 37 Le maquereau (*Decapterus macarellus*), le bigleau (*Selar crumenophthalmus*) et le hareng (*Sardinella maderensis*) sont les principaux appâts utilisés. D'autres petits pélagiques, ou d'autres petites espèces peuvent être utilisés comme appâts. Si les pêcheurs ne parviennent pas à capturer des appâts vivants, ils utilisent des appâts morts.
- 38 L'activité de pêche au thon commence tôt le matin avec une première équipe de deux bateaux qui part quelques heures avant le reste des pêcheurs. Cette équipe se concentre sur la recherche d'appâts et, plus tard, les autres bateaux de pêche les rejoignent pour les partager. Ils entourent le banc d'appâts et les maintiennent en vie en attendant que les autres bateaux viennent les chercher (fig. 5).

Figure 5. Bateaux entourant les appâts



© Silva, 2019

- 39 Chaque bateau a son propre petit réservoir à bord où sont stockés leurs appâts maintenus en vie autant que possible, jusqu'à la fin de l'activité de pêche. Les poissons-appâts sont maintenus oxygénés par un pêcheur qui alimente les réservoirs avec de l'eau de mer recueillie avec un seau. Les réservoirs ont leur fond percé de petits trous pour évacuer l'excès d'eau (fig. 6).

Figure 6. Distribution des appâts aux bateaux avant l'activité de pêche



© Silva 2019

- 40 Une autre façon d'obtenir des appâts est de pêcher à la traîne avec de petits hameçons munis de leurres artificiels pour capturer les petites espèces de thon, notamment *Auxis thazard* et *Euthynnus alleteratus*, qui serviront ensuite d'appâts pour le thon jaune.
- 41 Il existe deux façons de pêcher le thon jaune : à l'ancre ou à la dérive et à la traîne. Lorsqu'il jette l'ancre ou dérive, le pêcheur place l'appât à la surface ou à différentes profondeurs selon le comportement du thon. La pêche à la traîne consiste à accrocher un appât par la tête puis de le traîner derrière le bateau pour que les gros thons le poursuivent (fig. 7).

Figure 7. Chalutage de thon par bateau



À l'horizon, certains bateaux pêchent le thon et sont au mouillage.

© Silva 2019

- 42 Après avoir accroché les thons, le pêcheur les capture à la main et débarque les grands spécimens à l'aide d'une gaffe après les avoir assommés avec un gros bâton (fig. 8).

Figure 8. Pêcheur tenant un thon capturé avec une gaffe



© Silva, 2019

- 43 Les débarquements s'effectuent sur la plage de São Pedro, après le chalutage des bateaux. Une petite partie est vendue localement et la majorité est transportée pour être vendue au marché aux poissons de la ville de Mindelo.

Conclusion

- 44 La pêche artisanale est un sous-secteur très important au Cabo Verde d'un point de vue socio-économique. Elle emploie de nombreuses personnes (plus de 5 000 pêcheurs et environ 1 000 femmes vendeuses de poissons) et constitue une importante source de protéines animales pour la population locale. Selon les statistiques récentes de l'INDP, le groupe des thonidés est le plus pêché en poids par la pêche artisanale. Les thons jaunes (*T. albacares*) représentent à eux seuls 24 % du total des prises de thons au Cabo Verde et 55 % de la pêche artisanale (INDP, 2019). Par conséquent, cette espèce peut être considérée comme une ressource d'importance économique et sociale pour les communautés de pêche artisanale au Cabo Verde, comme c'est le cas de la communauté de São Pedro. La pêche du thon jaune devra toutefois faire l'objet d'une attention particulière dans les futurs plans d'aménagement de l'espace marin du Cabo Verde.

BIBLIOGRAPHIE

ALMADA E., 2018

Avaliação do impacto do Acordo de Parceria no domínio das pescas entre Cabo Verde e a União Europeia. Mindelo, Direção Nacional de Economia Marítima.

ARRIZABALAGA H., DUFOUR F., KELL L., MERINO G., IBAIBARRIAGA L., CHUST G., IRIGOIEN X., SANTIAGO J., MURUA H., FRAILE I., CHIFFLET M., GOIKOETXEA N., SAGARMINAGA Y., AUMONT O., BOPP L., HERRERA M., FROMENTIN, BONHOMEAU S., 2015

Global habitat preferences of commercially valuable tuna. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 113 : 102-112.

BARTELS L., 2007

The Trade and Development Policy of the European Union. *European Journal of International Law*, 18 (4) : 715-756. <https://doi.org/10.1093/ejil/chm042>

BONNIN M., LE TIXERANT M., SILVA O., NASCIMENTO J., FERNANDEZ F., SANTOS E., DANCETTE R., 2016

Atlas cartographique de droit de l'environnement marin au Cap-Vert. Rapport de recherche IUCN-IRD, décembre, 75 p. https://www.researchgate.net/publication/314003664_Atlas_du_droit_de_l%27environnement_marin_au_Cap-Vert

CARNEIRO G., 2012

They come, they fish, and they go: EC Fisheries Agreements with Cape Verde and São Tomé e Príncipe. *Marine Fisheries Review*, 73 (4).

FONTENEAU A., SOUBRIER P., 1995

« Interactions between tuna fisheries: a global review with specific examples from the Atlantic Ocean ». In Shomura R. S., Majkowski J., Harman R. F. (eds.) : *Status of interaction of Pacific tuna fisheries in 1995. Proceedings of the second FAP expert consultation on interactions of Pacific Ocean tuna fisheries.* *Fao fisheries technical paper*, 365 : 84-123.

GONZÁLEZ J., TARICHE, O., 2009

Um olhar sobre a biodiversidade marinha e bases para a sua gestão sustentável. Potenciais recursos pesqueiros de profundidades de Cabo Verde/Una mirada sobre la biodiversidad marinha y bases para su gestión sostenible. Recursos pesqueiros potenciales de Las Palmas de Gran Canaria. Presidencia del Gobierno de Canarias/Fundación Universitaria de Las Palmas.

KACZYN-SKI V. M., FLUHARTY D. M., 2002

European policies in West Africa: who benefits from fisheries agreements? *Marine Policy*, 26 : 75-93.

INDP, 2011

Resumo da Avaliação dos recursos haliêuticos de Cabo Verde 2011. Mindelo, Direcção de investigação Haliêutica. Instituto Nacional de Desenvolvimento das Pesca.

INDP, 2012

Relatório de Principais Resultados do Censo Geral da Frota de Pesca Artesanal e Industrial/Semi-Industrial ANO de 2011. Mindelo, Divisão de Estatísticas, Instituto Nacional de Desenvolvimento das Pescas, INDP.

INDP, 2018

Estatísticas anuais da pesca não publicadas. Mindelo, Instituto Nacional de Desenvolvimento das Pescas.

INDP, 2019

Diagnóstico Pesca Artesanal São Vicente (documento não publicado). Mindelo, Instituto Nacional de Desenvolvimento das Pescas.

INE, 2010

Relatório anual do instituto nacional de estatística. <http://www.ine.cv>

LAN K. W., EVANS K., LEE M. A., 2013

Effects of climate variability on the distribution and fishing conditions of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in the western Indian Ocean. *Climatic Change*, 119 (1) : 63-77.

LE MANACH F., CHABOUD C., COPELAND D., CURY P., GASCUEL D., KLEISNER K. M., STANDING A., SUMAILA U. R., ZELLER D., PAULY D., 2013

European Union's public fishing access agreements in developing countries. *PLoS One*, 8 (11) : e79899.

SILVA H. D. M., 2009

Pesca Artesanal em Cabo Verde-Arte de pesca linha-de-mão. Universidade de Aveiro, Departamento de Biologia.

UNION EUROPÉENNE, 2017

Les accords de partenariat de l'UE dans le domaine de la pêche durable (APPD). Un instrument transparent, cohérent et mutuellement bénéfique qui améliore la gouvernance de la pêche afin d'assurer la durabilité de l'exploitation, de l'approvisionnement en poisson et du développement du secteur de la pêche dans les pays tiers avec lesquels l'UE a conclu des APPD. Bruxelles, Commission européenne, Direction générale des affaires maritimes et de la pêche, 12 p.

NOTES

1. La République du Cap-Vert a changé son nom officiel dans toutes les langues en République du Cabo Verde le 24 octobre 2013 dans une demande soumise au Secrétaire général par le représentant permanent du pays auprès des Nations unies. Conformément à cette demande, il ne sera fait mention dans cette publication qu'au Cabo Verde. Afin de respecter les titres des œuvres préalablement parues, les références ou sources imprimées mentionnant dans leur titre « Cap-Vert » (en français) ou « Cape Verde » (en anglais) n'ont pas été modifiées.

2. Décret législatif 2/2020 du 19 mars 2020.

AUTEURS**PÉRICLÈS SILVA**

Écologue marin, Imar, Cabo Verde.

IVANICE MONTEIRO

Écologue marin, Institut de la mer (Imar), Cabo Verde.

VITO RAMOS

Écologue marin, Imar, Cabo Verde.

MARIE BONNIN

Juriste en droit de l'environnement, Lemar, IRD, France.

Chapitre 5. Cultiver la mer

Enjeux de la conchyliculture dans la planification spatiale marine

Philippe Soudant, Hilde Toonen, Patricia Mirella Da Silva, Rui Trombeta, Odeline Billant, Nelly Le Goïc, Adeline Bidault, Christophe Lambert, Aurélie Chambouvet, Fernando Queiroga-Ramos, Andrei Felix Mendes, Marie Bonnin et Hélène Hégaret

Introduction

- 1 L'activité aquacole mondiale s'est considérablement développée au cours des dernières décennies. Selon le dernier rapport sur la pêche et l'aquaculture (*State of fisheries and aquaculture*, Sofia) de l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), la production aquacole totale était de 82,1 millions de tonnes (Mt) en 2018, dont 30,8 Mt pour la mariculture et l'aquaculture côtière (FAO, 2020). Les produits d'élevages marins, allant du saumon et de la truite aux crevettes, huîtres et moules, sont commercialisés à l'échelle mondiale. Ils représentent également une ressource capitale pour les populations côtières, en termes d'accès à la nourriture et de développement économique local (BÉNÉ *et al.*, 2015 ; FAO, 2020). Les pratiques aquacoles ne sont toutefois pas sans incidence sur la durabilité des écosystèmes favorisant, entre autres, les maladies en cas de forte densité des stocks, ou l'introduction d'espèces envahissantes lors des mouvements de cheptels. Elles peuvent aussi entraîner une pollution due à une mauvaise utilisation des produits chimiques et des antibiotiques, une augmentation des déchets, plastiques notamment, et une perte de biodiversité due à la conversion des zones côtières (BOSTOCK *et al.*, 2010 ; BUSH *et al.*, 2013). La conchyliculture et l'aquaculture côtière sont elles-mêmes menacées, du fait de la compétition croissante pour l'espace et de la pollution provenant d'autres secteurs, comme le tourisme, la pêche, le transport maritime et les infrastructures côtières (SANCHEZ-JEREZ *et al.*, 2016). La gestion de ces problématiques complexes est un véritable défi qui exige une meilleure compréhension des caractéristiques spatio-temporelles de la mariculture et de l'aquaculture côtière : quelles espèces sont cultivées dans quels endroits, quelle saisonnalité, quel système socio-économique, et avec quels impacts environnementaux ? Ces connaissances contribueront à améliorer la gouvernance

côtière, afin de minimiser les impacts négatifs sur l'environnement de l'activité conchylicole et d'accroître la qualité des moyens de subsistance et la résilience sociale des communautés côtières (SANCHEZ-JEREZ *et al.*, 2016 ; NUNES *et al.*, 2011).

- 2 Dans cette perspective, la planification spatiale marine (PSM) apparaît comme un outil prometteur (LESTER *et al.*, 2018). Selon EHLER et DOUVERE (2011), la PSM peut être définie comme un processus politique visant à analyser et à répartir les activités humaines dans le temps et l'espace (marin). La planification de l'espace maritime a clairement une orientation spatiale : elle s'intéresse aux questions relatives à la coexistence et aux conflits entre les différentes utilisations de l'espace marin et côtier, y compris les impacts sur l'environnement et les écosystèmes, et vise à cartographier les emplacements, les déplacements et les co-emplacements. En d'autres termes, la PSM aide à (ré)organiser spatialement les zones marines et côtières. Le processus de PSM dépend toutefois de la disponibilité et de la fiabilité des informations concernant l'ensemble des activités humaines en jeu. Cependant, il existe des lacunes importantes en matière de données d'aquaculture, comme le reconnaît également le rapport Sofia 2020 : « L'absence de rapports de 35 à 40 % des pays producteurs, associée à une qualité et une exhaustivité insuffisante des données communiquées, entrave les efforts de la FAO pour présenter une image précise et plus détaillée de l'état et des tendances du développement de l'aquaculture mondiale » (FAO, 2020).
- 3 L'objectif de ce chapitre est de répondre aux attentes et préoccupations autour des activités conchylicoles (pour lesquelles peu de données sont disponibles) en relation avec la PSM. Nous le ferons en explorant le cas de la conchyliculture le long des côtes du Nordeste brésilien. Cette zone côtière, qui est caractérisée par de nombreux estuaires et mangroves, est en effet un cas d'école. Dans cette région, la conchyliculture (huîtres, coques, moules) est en grande partie une activité informelle et non déclarée, qui ne constitue pas une source principale de revenus, mais qui reste vitale pour les communautés côtières. La PSM offre la potentialité d'intégrer l'activité conchylicole dans un espace maritime partagé avec d'autres activités, et de contribuer ainsi à réduire ses impacts environnementaux et augmenter ses bénéfices socio-économiques. Cependant, les caractéristiques de la conchyliculture doivent d'abord être claires afin d'explorer : (1) dans quelle mesure la conchyliculture affecte et est affectée par les conditions environnementales et leur dynamique, ainsi que (2) la manière dont elle influence et est influencée par d'autres activités (première partie de ce chapitre). Ensuite, il est important d'étudier les défis de la conchyliculture dans un contexte spécifique, dans notre cas le Nordeste Brésilien. Enfin, la question de savoir si la PSM peut réellement contribuer à une meilleure organisation des pratiques conchylicoles sous les tropiques sera abordée dans la dernière partie.

Généralités sur la conchyliculture

- 4 D'une façon générale, les bivalves sont essentiels au développement, au fonctionnement et à la durabilité des environnements côtiers. Les bivalves marins, comme les huîtres, les palourdes et les moules, sont cultivés depuis des siècles. Ils sont reconnus comme une ressource durable qui capte leurs aliments dans leur environnement ne nécessitant pas l'apport d'aliments artificiels. Il s'agit en général d'une aquaculture extensive qui permet une production alimentaire durable (SMAAL *et al.*, 2019).

Caractéristiques biologiques et écologiques des bivalves

- 5 Les bivalves sont de longue date exploités et cultivés pour leur chair, leur coquille ou les deux. Leurs premières utilisations et exploitations datent du néolithique. Ils sont présents dans tous les habitats marins et sont indispensables au maintien des réseaux trophiques. Ils occupent des niches écologiques extrêmement variées depuis l'intertidal jusqu'aux sources hydrothermales des grandes profondeurs océaniques, depuis l'équateur jusqu'aux pôles.
- 6 Les bivalves sont une des classes de l'embranchement des mollusques souvent rencontrés sur nos tables. Les espèces exploitées de bivalves peuvent être divisées en deux sous-groupes, les espèces épigées vivant à la surface du substrat et les espèces endogées vivant enterrées dans le substrat. Parmi les espèces épigées, on retrouve les huîtres, les coquilles Saint-Jacques, les pétoncles et les moules. Les bivalves endogés (ou fouisseurs) quant à eux regroupent les coques, les praires, les palourdes, les couteaux, les donaces ou les tellines.
- 7 Les bivalves sont des organismes filtreurs. La capture des particules alimentaires et la respiration sont assurées par le même organe, les branchies. Les branchies créent un mouvement d'eau qui permet à l'animal de tirer l'oxygène dissous pour sa respiration et de capturer les particules alimentaires naturellement présentes dans l'eau environnante (bactéries, plancton). Les particules sont piégées par les cils branchiaux et transportées jusqu'à la bouche. Le système digestif est très simple et plus ou moins rectiligne ; une bouche, un estomac, un intestin et un anus. La reproduction des bivalves est généralement externe. Les gamètes mâles et femelles sont libérés dans l'eau où a lieu la fécondation et la formation d'une larve dite pélagique (nageant dans l'eau de mer) qui se fixe au bout de quelques jours sur un substrat.

Qualité de l'environnement et de la structure des habitats

- 8 Les biens et services apportés par la conchyliculture sont particulièrement pertinents à prendre en compte par les décideurs et conseillers politiques de l'aménagement des espaces marins.
- 9 Outre la nutrition humaine, développée ci-après, les bivalves marins fournissent un habitat pour un grand nombre d'espèces, régulent la qualité de l'eau, et séquestrent du carbone et de l'azote. En tant qu'éco-ingénieurs, les bivalves sont utilisés pour la protection et la conservation des lignes côtières. Ces fonctions peuvent être définies comme des biens et services écologiques.
- 10 Grâce à leur capacité de filtration, ils éliminent de l'eau les particules et, dans certaines conditions, quand les nutriments inorganiques ne sont pas limitants, ils augmentent la production de phytoplancton en améliorant la pénétration de la lumière. La capacité de filtration et de clairance de l'eau par les bivalves naturels et cultivés joue aussi un rôle écologique majeur dans le contrôle de la biomasse de phytoplancton. La culture de bivalves peut ainsi fournir des services positifs à l'échelle de l'écosystème en provoquant un appauvrissement des particules en suspension dans de nombreuses zones côtières souffrant d'eutrophisation (CRANFORD, 2019 ; LINDAHL, 2011). Les bivalves marins transforment ainsi la matière organique particulaire (plus particulièrement le phytoplancton) en tissus de bivalves ou en fèces transférées vers le benthos.

- 11 Les bivalves marins font ainsi l'objet d'une attention accrue pour leur contribution à l'extraction de nutriments de l'environnement côtier, limitant ainsi les effets négatifs de l'excédent de nutriments provoqués par les activités anthropiques telles que l'agriculture et le rejet des eaux usées (PETERSEN *et al*, 2019). L'extraction des nutriments se fait par deux voies : (i) la récolte/l'élimination des bivalves – ce qui permet de restituer les nutriments à la terre – ou (ii) une dénitrification accrue à proximité d'agrégats denses de bivalves, ce qui entraîne un transfert d'azote vers l'atmosphère.
- 12 De nombreuses espèces de bivalves forment des massifs ou agrégats qui peuvent dans certaines zones recouvrir une grande partie des fonds marins (CRAEYMEERSCH et JANSEN, 2019). Ces agrégats ou récifs de bivalves sont présents à l'état naturel dans de nombreuses zones subtidales et intertidales du monde entier. Ils sont cependant parfois largement exploités, car constitués d'espèces valorisables, comme les moules et les huîtres. Ces bancs ou récifs de bivalves forment un habitat complexe pour de nombreuses autres espèces et sont d'une grande valeur en termes de biodiversité. La structure physique fournie par les coquilles, enrichies par des bio-dépôts produits par la filtration, attire une forte densité de proies macro-invertébrées. Elle fournit également un abri et un habitat à de nombreuses espèces de bivalves, de crustacés ou de juvéniles de poissons (HANCOCK et ERMGASSEN, 2019), dont l'augmentation nette en densité a pu être observée autour de récifs de bivalves, notamment ostréicoles.

Une source de nourriture pour l'homme

- 13 La production totale de l'aquaculture et des pêcheries de bivalves a connu une augmentation régulière, passant de 5 à 16 Mt par an sur la période 1995-2015, soit environ 14 % de la production marine totale dans le monde, comme en témoigne le rapport de la FAO (2020). La majeure partie de la production de bivalves marins (89 %) provient de l'aquaculture et seulement 11 % de la pêche (WIJSMAN *et al.*, 2019). Les bivalves marins, même s'ils ne reçoivent pas la même attention dans les médias que les poissons pour leurs bénéfices sur la santé, sont appréciés des consommateurs pour leurs bienfaits nutritionnels et leur goût.
- 14 Les bivalves marins sont considérés comme des aliments complets, peu caloriques, toniques, riches en protéines de qualité, en vitamines (A et D) et minéraux (iode, sélénium, calcium). L'excellente qualité nutritionnelle des mollusques marins repose d'une part sur la qualité de leurs protéines et, d'autre part, sur leur richesse en acides gras à longue chaîne hautement insaturés (les fameux oméga 3), principalement le 20:5n-3 et le 22:6n-3, associés à la prévention de nombreuses maladies humaines (SARGENT et TACON, 1999).
- 15 Enfin, contrairement à la pisciculture, la conchyliculture repose sur le phytoplancton présent naturellement dans l'eau et ne nécessite aucun apport extérieur (nourriture, antibiotiques, etc.). La récolte et la production de bivalves pour l'alimentation doivent néanmoins être mises en balance avec la capacité de charge (nourriture disponible sous forme de phytoplancton) et ses implications pour d'autres services, notamment le maintien de la qualité de l'eau et la structure de l'habitat.

Artisanat, décoration et joaillerie

- 16 Les coquilles de bivalves sont aussi utilisées dans un but décoratif ou d'artisanat. La forme et la morphologie générale de ces coquilles varient selon leur mode de vie et/ou leurs habitats. Elles présentent une grande variété de tailles, de formes, d'ornementations, de couleurs qui permettent leur identification et leur classification. Elles peuvent décorer des murs ou des marches ; elles sont quelquefois empilées et collées ensemble pour faire des ornements ou embellir certains objets d'artisanat. Enfin, elles peuvent être transformées ou percées pour créer des bijoux.
- 17 Les perles des bivalves sont formées par la sécrétion de nacre des cellules épidermiques du tissu du manteau des mollusques. Utilisées tout au long de l'histoire de l'humanité, elles ont trois fonctions principales. Elles sont utilisées, comme toutes pierres précieuses, pour décorer, signifiant ainsi statut et richesse matérielle. Ce sont de magnifiques ornements d'objets tels que les couronnes des monarques, symboles d'élégance et de noblesse. Les perles et les coquilles peuvent enfin servir d'objets de collection (ZHU *et al.*, 2019).

Problèmes associés à la conchyliculture

- 18 Les effets de la conchyliculture sur l'environnement sont généralement jugés positifs (CRANFORD *et al.*, 2012), contribuant à la qualité des écosystèmes (SMAAL et VAN DUREN, 2019). La conchyliculture connaît quelques problèmes, comme les conflits d'usage pour l'espace maritime, la concurrence avec d'autres animaux filtreurs, le surstockage, l'accumulation des bio-dépôts sur le fond, l'introduction d'espèces envahissantes, animales et végétales, lors des transplantations de bivalves, et leurs maladies associées. De plus, l'accumulation de biotoxines ou de pathogènes humains par les coquillages et les conséquences sanitaires pour les consommateurs qui en découlent, représentent également un problème majeur (WIJSMAN *et al.*, 2019).

Microalgues toxiques et nuisibles

- 19 Les zones de conchyliculture sont régulièrement soumises à des efflorescences de phytoplancton toxique dont l'intensité et la répartition géographique ne cessent de s'accroître (HALLEGRAEFF, 1993 ; GLIBERT et BURKHOLDER, 2018). Ces efflorescences de microalgues toxiques sont reconnues pour leurs effets majeurs sur l'écologie des zones côtières marines (BURKHOLDER, 1998). Une efflorescence de phytoplancton toxique peut donc modifier la physiologie ou la biologie (mortalité, susceptibilité aux maladies, parasites, accumulation de toxines, etc.) de certaines espèces ou communautés clés dont les bivalves, mais aussi la chaîne trophique qu'elles supportent entraînant ainsi des changements dans les écosystèmes marins (HARVELL *et al.*, 1999). L'accumulation de phycotoxines (produites par les microalgues toxiques) peut ainsi poser des problèmes sanitaires, en contaminant les niveaux trophiques supérieurs, humains compris, suite à la consommation de bivalves. Les phycotoxines décrites sont classées par rapport à leurs effets et symptômes chez l'homme suite à leur ingestion : toxines paralysantes (PSP, *paralytic shellfish poisoning*), amnésiantes (ASP, *amnesic shellfish poisoning*), diarrhéiques (DSP, *diarrhetic shellfish poisoning*) et neurologiques ou responsables du syndrome de « la gratte » avec les ciguatoxines.

Pathogènes humains

- 20 La consommation de coquillages, et notamment de bivalves, peut provoquer des maladies infectieuses chez l'homme, qui peuvent être causées par des agents pathogènes microbiens naturellement filtrés par les bivalves puis accumulés dans leurs tissus (tab. 1). Ces agents pathogènes peuvent être des bactéries naturellement présentes dans l'eau (ex. genre *Vibrio*), ou des virus et des bactéries issus des effluents et eaux usées qui peuvent contaminer les eaux côtières. C'est le cas, entre autres, des coliformes fécaux (*Escherichia coli*), des salmonelles, du virus de l'hépatite A, des norovirus, etc., et de bactéries comme *Vibrio vulnificus* ou *V. parahaemolyticus*, dont la teneur dans l'eau augmente avec la température, et qui peuvent causer en été des problèmes de nausées, diarrhées et vomissements.

Tableau 1. Principaux indicateurs microbiologiques et principaux micro-organismes pathogènes trouvés dans les mollusques bivalves

Bactéries	Virus
<u>Indicateurs</u> : <i>Escherichia coli</i> , <i>Clostridium perfringens</i> , <i>Salmonella</i> spp.	<u>Indicateurs</u> : bactériophages (anti-mâle, <i>Bacteroides fragilis</i>)
Pathogènes principaux	Pathogènes principaux
<i>Vibrio cholerae</i> O1 et O139 <i>Vibrio parahaemolyticus</i>	Hépatite A (ssRNA) ; Norovirus (ssRNA)
	Pathogènes secondaires
<i>Vibrio vulnificus</i>	Rotavirus (dsDNA), Adénovirus (dsADN)
<i>Clostridium botulinum</i>	Astrovirus (ssRNA), Poliovirus (ssDNA)
Pathogènes secondaires	
<i>Campylobacter jejuni</i> , <i>Shigella</i> spp., <i>Aeromonas hydrophyla</i> , <i>Edwardsiella tarda</i> , <i>Pleisomonas shigelloides</i> , <i>Listeria monocytogenes</i> <i>Yersinia enterocolitica</i> , <i>E. coli</i> O157:H7, <i>S. aureus</i>	

Source : CHINA *et al.* (2003)

Maladies des mollusques

- 21 Les populations de bivalves sont touchées par des épizooties qui déciment ou affaiblissent les stocks exploités limitant les récoltes aquacoles (BARBOSA SOLOMIEU *et al.*, 2015). Les échanges commerciaux entre régions du monde contribuent à l'introduction d'espèces exotiques et, par conséquent, à l'apparition et à la propagation de maladies

infectieuses (ANDREWS, 1980 ; RENAULT, 1996). Ces maladies sont causées par divers agents infectieux (ZANNELLA *et al.*, 2017), principalement des virus (ARZUL *et al.*, 2017), des bactéries (TRAVERS *et al.*, 2015) ou des protozoaires (ROBLEDO *et al.*, 2014).

- 22 Parmi les pathologies des bivalves les plus graves, on peut citer celle due à un virus de la famille des Herpesviridae, appelé « ostreid herpesvirus 1 » (OsHV-1), qui a provoqué des taux de mortalités estivales très élevés chez les huîtres creuses *Crassostrea gigas* en France depuis le début des années 1990. À partir de 2008, des mortalités graves, de 60 à 100 %, chez les juvéniles de *C. gigas*, ont été signalées durant l'été en France, entraînant de graves pertes économiques. Ces événements ont été associés à l'émergence d'un nouveau variant du virus appelé OsHV-1 μ Var (SEGARRA *et al.*, 2010). Ce dernier se caractérise par une large distribution géographique, sa présence ayant été détectée dans plusieurs pays (ARZUL *et al.*, 2017). Au Brésil, la présence d'OsHV-1 a récemment été signalée chez l'huître cultivée *C. gigas* et l'huître native *C. gasar* au sud du pays, ce qui pourrait représenter un risque de surmortalité (MELLO *et al.*, 2018).
- 23 Les bactéries les plus pathogènes appartiennent souvent au genre *Vibrio*. La vibriose est une maladie majeure des bivalves et représente un enjeu important des écloséries d'huîtres et de la production sur le terrain, en causant des dommages aux larves et/ou aux naissains selon les espèces. Les vibrions les plus pathogènes appartiennent aux clades *splendidus* et *harveyi* ou aux espèces *V. aestuarianus*, *V. tubiashii*, *V. coralliilyticus* et *V. tapetis* (TRAVERS *et al.*, 2015).
- 24 Des parasites protozoaires du genre *Marteilia* sp., *Bonamia* sp. ou *Perkinsus* sp., peuvent aussi fortement impacter la production de nombreuses espèces de bivalves. Parmi les plus répandus, on retrouve les parasites du genre *Perkinsus*, connus pour causer dans le monde des mortalités massives dans les populations cultivées ou pêchées. Plus spécifiquement, *P. marinus* et *P. olseni* sont identifiés comme agents étiologiques à déclaration obligatoire par l'Organisation mondiale de la santé animale (OIE). Ils entraînent régulièrement des mortalités massives respectivement dans les populations d'huître américaine *C. virginica* aux États-Unis (côte Est et golfe du Mexique) et dans les populations de palourdes en Asie et en Europe, impactant les activités économiques associées.
- 25 Enfin, une maladie observée plus récemment est la néoplasie disséminée (qui s'apparente à un cancer). Elle affecte les bivalves dans le monde entier, y compris de nombreuses espèces commerciales (CARBALLAL *et al.*, 2015), et peut entraîner des mortalités massives. La néoplasie disséminée est une maladie caractérisée par la prolifération excessive de cellules anaplasiques et hypertrophiées dans le système circulatoire et les autres organes (BARBER, 2004 ; CARBALLAL *et al.*, 2015). Elle a été associée à des états pathologiques graves chez les bivalves du monde entier, entraînant la mort (BARBER, 2004 ; CARBALLAL *et al.*, 2015 ; DÍAZ *et al.*, 2016), probablement du fait du remplacement des hémocytes par les cellules néoplasiques ; les fonctions vitales, y compris les systèmes de défense, ne sont donc plus assurées.

Contaminants chimiques

- 26 Dans de nombreuses régions côtières, la contamination chimique reste un problème majeur (OSPAR, 2010) affectant la qualité de l'eau des milieux marins. La présence inévitable de contaminants chimiques, tels que le mercure et les polluants organiques

persistants (POP), peut entraîner leur bioaccumulation par les bivalves et devenir un risque pour la santé des consommateurs.

La conchyliculture au Nordeste du Brésil

- 27 L'activité conchylicole s'est principalement développée dans le Sud du Brésil. L'État de Santa Catarina est le plus grand producteur national de bivalves. En 2019, cet État a compté à lui seul 2 760 t de *Crassostrea gigas*, 12 294 t de moules *Perna perna* et 5,2 t de coquilles Saint-Jacques *Nodipecten subnodosus*. *C. gigas* a été introduite pour la première fois au Brésil en 1974, à Rio de Janeiro, en provenance du Royaume-Uni (POLI *et al.*, 1990 ; POLI, 2004).
- 28 C'est dans les années 1970, dans l'État de São Paulo, que débutent des études pour la culture d'espèces indigènes d'huîtres, *Crassostrea rhizophorae* et *C. brasiliana* (= *gasar*) (WAKAMATSU, 1973 ; AKABOSH *et PEREIRA*, 1981). La production de ces deux espèces se développe et se concentre maintenant dans les États du Nord et du Nord-Est. On peut aussi noter que, dans le Nordeste, les moules du genre *Mytella* sont extraites pour la consommation et la vente. Grâce à la présence de nombreux estuaires, le Nordeste brésilien (NE) s'avère particulièrement favorable à la conchyliculture.

État des lieux et tonnage

- 29 Le NE possède de nombreuses zones estuariennes et de mangroves, riches en nutriments et en nurseries. Deux espèces d'huîtres indigènes y sont cultivées, *Crassostrea rhizophorae* et *C. gasar*. Cette dernière est connue comme « l'huître noire », du fait de la couleur de sa coquille qui est plus foncée que celle de *C. rhizophorae* (SCARDUA *et al.*, 2017). *C. gasar* vit principalement sur le fond des plans d'eau estuariens et présente de meilleures caractéristiques zootechniques, en raison d'une croissance plus rapide et d'une plus grande taille commerciale (jusqu'à 100 mm) que *C. rhizophorae*.
- 30 La production d'huîtres est réalisée dans les estuaires, depuis l'embouchure de la rivière jusqu'à relativement loin en amont (8-13 km). Les estuaires avec de grandes superficies de mangroves préservées offrent les meilleures conditions pour le développement de l'ostréiculture. L'huître *C. gasar* est généralement rencontrée dans les zones à faible salinité tandis que *C. rhizophorae* préfère les zones à salinité plus élevée. Le naissain d'huîtres est récupéré de deux manières, directement sur le milieu naturel ou sur des collecteurs artificiels (fig. 1A) disposés dans des endroits choisis généralement de façon empirique et selon l'espèce recherchée. Le système de production adopté par les producteurs du NE consiste en des structures suspendues constituées de planches et pieux en bois (palétuviers) ou de tuyaux en plastique (PVC) remplis de béton et fixés sur le fond de l'estuaire dans des zones abritées (fig. 1C et 1D). Les sacs peuvent être posés directement ou suspendus aux piliers de cette structure (fig. 1B).

Figure 1



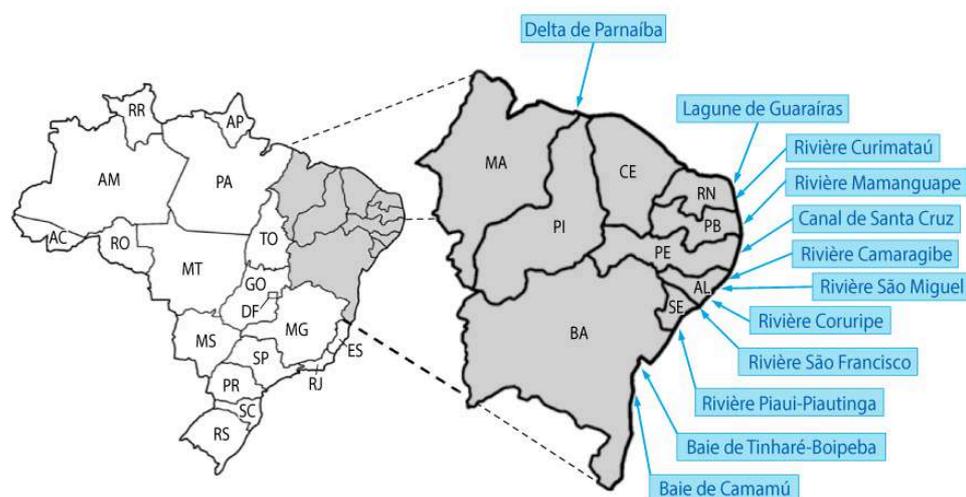
(A) Collecteurs artificiels permettant le captage du naissain
 (B) Huîtres *C. gasar* à l'intérieur des sacs de culture
 (C et D) Différentes structures aquacoles en bois et PVC, permettant le grossissement des huîtres dans les estuaires du Nordeste brésilien

© R. Trombeta, P. M. da Silva

- 31 Les marées varient entre 2,5 et 5,6 m selon la localisation latitudinale des estuaires. Cela permet l'installation et l'entretien des systèmes de culture. Chaque estuaire possède ainsi ses propres caractéristiques qui vont influencer les performances de la culture des huîtres comme, par exemple, l'apport de sédiments et de nutriments, la présence de prédateurs et le développement de *fouling*. Le choix des zones de culture est majoritairement empirique du fait du manque d'assistance technique et de données disponibles. Les producteurs testent les emplacements jusqu'à ce qu'ils obtiennent de bonnes performances de croissance et de survie. Néanmoins, le manque de contrôle de la collecte du naissain naturel ou même des adultes semble déjà avoir réduit les stocks naturels d'huîtres, mettant en danger la durabilité de l'ostréiculture dans le NE. La production de naissains en écloserie est possible depuis 2013¹. Actuellement, l'écloserie a la capacité de produire 6 millions de naissains par an (de mars à mai). Cependant, les coûts de production sont très élevés et la demande de naissains d'écloserie reste faible, car l'activité conchylicole est encore émergente et les producteurs s'appuient essentiellement sur la collecte en milieu naturel.
- 32 Dans les estuaires du NE, la conchyliculture est rarement la source principale de revenus. Pour la plupart des producteurs, c'est une source de revenus complémentaires en plus de ceux issus d'autres ressources naturelles de l'estuaire, comme les crabes et les poissons. Les producteurs d'huîtres sont organisés en collectifs (associations) ou travaillent seuls. Les productions les plus importantes se trouvent actuellement dans les estuaires de la lagune de Guaraíras, la rivière Curimataú dans l'État du Rio Grande do Norte (RN), et la rivière São Miguel-Lagoa do Roteiro dans l'État d'Alagoas (AL). De petites initiatives collectives et individuelles existent par ailleurs dans les estuaires de la rivière Mamanguape (État de Paraíba, PB), les rivières Camarajibe et Coruripe (AL), les rivières São Francisco et Piauí-Piautinga à Sergipe (SE), la baie de Camamú et la Tinharé-Boipeba (Bahia, BA), le delta de Parnaíba (États de Piauí, PI, et de Maranhão, MA) et dans le canal de Santa Cruz (État de Pernambuco, PE) (fig. 2). Certaines espèces, comme *Anomalocardia brasiliana*, *Phacoides Pectinatus* connu sous le nom « lambreta » et

les moules de mangrove *Mytella falcata* et *M. guyanensis*, sont aussi utilisées par les populations locales à la fois comme ressource alimentaire et source de revenus. La production de mollusques, dont les huîtres dans le NE, a été estimée à 133 t en 2018. Mais la quantité réelle produite serait sous-estimée. La production la plus élevée du NE provient du RN, avec 100 t par an. Les deux principaux obstacles à l'ostréiculture à grande échelle dans le NE sont l'absence d'un approvisionnement constant de naissains et d'un contrôle sanitaire des huîtres produites.

Figure 2. Cartographie des sites conchylicoles dans le Nordeste (Brésil)



© Fernando Ramos Queiroga

Insertion de l'activité dans les zones côtières

- 33 Le NE possède un fort potentiel (importante productivité primaire, climat favorable, géographie) pour le développement de l'ostréiculture de l'huître *C. gasar*. À ce jour, l'ostréiculture est basée sur la collecte de naissains dans les populations naturelles et sur leur croissance en zones estuariennes, mais sans suivi des performances en termes de croissance et de survie ni sans réel contrôle de leur état de santé (présence de maladies notamment) et de leur qualité nutritionnelle.
- 34 Pour intégrer la conchyliculture dans la PSM, il est essentiel d'identifier les lacunes, les menaces et les indicateurs de résilience les plus appropriés de cette activité économique. Le projet « Planning in a liquid world with tropical stakes » (Paddle) a collecté des connaissances et des données, et a développé des modèles sur la dynamique de ces écosystèmes qui donneront des clés pour un développement durable et raisonné de la conchyliculture au Brésil.

Problèmes présents et futurs associés à la conchyliculture

- 35 La plupart des phycotoxines impliquées dans des intoxications humaines au niveau mondial sont également présentes au Brésil. Elles sont issues des espèces appartenant aux genres *Alexandrium*, *Dinophysis*, *Gambierdiscus*, *Ostreopsis*, etc., respectivement responsables des syndromes de PSP, DSP, ou produisant des ciguatoxines, etc. Pourtant,

à l'heure actuelle, il n'existe aucun suivi systématique de ces efflorescences ou de la contamination des bivalves par ces toxines dans le NE du Brésil. Il est impératif de mieux caractériser la distribution géographique et les conséquences de ces efflorescences sur la conchyliculture au Brésil en termes de santé humaine et de santé des coquillages. Considérant la capacité de propagation de ces micro-algues toxiques, il est fortement recommandé de mettre en place une surveillance régulière des zones ostréicoles et de l'accumulation de toxines dans les populations de bivalves cultivées le long des côtes du NE du Brésil. Un tel suivi existe déjà dans la partie Sud du pays, où se trouvent les plus grandes productions.

- 36 La conchyliculture, qui émerge actuellement dans le NE du Brésil, peut aussi être confrontée à des menaces biologiques telles que les maladies induites par les micro-organismes. Les maladies les plus graves enregistrées chez les huîtres du Brésil sont la perkinsose due à un parasite protozoaire et la néoplasie disséminée. L'étude de la perkinsose des huîtres du Brésil a commencé en 2008 par une enquête sur la présence de *Perkinsus* spp. dans deux espèces d'huîtres, *Crassostrea rhizophorae* provenant de bancs naturels sur la côte de l'État du Ceará (CE) dans le NE, de Santa Catarina (SC) dans le Sud de Brésil et *C. gigas* provenant d'élevages de SC. *Perkinsus beihaiensis* a été identifié dans des huîtres provenant de CE (SABRY *et al.*, 2009, 2013). Des premières occurrences de *P. marinus* ont été récemment enregistrées à SC dans les huîtres *C. gasar* et *C. gigas*, et de *P. beihaiensis* chez l'huître *C. gasar* (LUZ CUNHA *et al.*, 2019). *P. chesapeaki* a également été détecté en 2012 dans *C. rhizophorae* de l'État de CE (NETO *et al.*, 2016). Dans les années qui ont suivi, d'autres études ont été menées, principalement sur la côte des États du NE, sur des populations naturelles et cultivées d'huîtres indigènes (*C. rhizophorae* et *C. gasar*). En 2010, *P. marinus* et *P. olseni* ont été détectés dans des huîtres *C. gasar* de populations naturelles et cultivées de l'État de Sergipe (DA SILVA *et al.*, 2014). Puis, des échantillons d'huîtres (*C. rhizophorae*) prélevés en 2011 dans l'estuaire du Paraíba do Norte (PB), ont révélé une prévalence atteignant 100 % et des intensités très élevées de *P. marinus* (DA SILVA *et al.*, 2013), ce qui a mené à la première notification au Brésil d'un parasite à déclaration obligatoire à l'OIE. À l'époque, une ordonnance a été publiée visant à restreindre le mouvement des huîtres du PB. Bien que la dynamique de l'infection des parasites appartenant aux *Perkinsus* spp. dans le NE du Brésil soit encore peu étudiée, il semble que les salinités plus faibles et les températures plus basses pendant la saison humide dans le NE (hiver dans l'hémisphère Sud) soient défavorables à la prolifération du parasite (DA SILVA *et al.*, 2014). La présence de *P. marinus* dans les régions tropicales n'a pas été associée pour l'instant à la mortalité des espèces hôtes indigènes, les huîtres *C. rhizophorae* et *C. gasar* (DA SILVA *et al.*, 2016 ; SCARDUA *et al.*, 2017).
- 37 Un suivi histologique des populations de *C. gasar* dans l'estuaire de Mamanguape (PB), a révélé la présence de néoplasie disséminée (DA SILVA *et al.*, 2018). Malgré une prévalence faible de la maladie dans les huîtres, des cellules néoplasiques ont été retrouvées dans de nombreux tissus et organes des huîtres avec des niveaux d'intensité variable. Pour l'instant, cette maladie ne nuit pas à la production locale d'huîtres.
- 38 Le manque de connaissances sur la perkinsose et la néoplasie disséminée au sein des populations d'huîtres cultivées dans les différentes régions du Brésil, ne permet pas d'en évaluer l'impact réel, peut être sous-estimé. Il apparaît nécessaire de mettre en place un suivi permanent des taux de mortalité des huîtres et de contacter le laboratoire national de référence pour les mollusques en cas de surmortalité élevée,

afin d'évaluer l'état de santé de la population. Aujourd'hui, ni la perkinsose ni la néoplasie disséminée ne semblent constituer une menace pour l'ostréiculture au Brésil. Toutefois, l'intensification de la culture pourrait faire évoluer cet équilibre. À titre préventif, il est recommandé de ne pas transférer les huîtres d'une zone d'élevage à une autre pour éviter de disséminer ce parasite dans les zones saines. Il apparaît néanmoins important de mieux caractériser la distribution géographique et les niveaux d'infection et de prévalence de ces maladies afin de surveiller leurs impacts sur les populations sauvages et d'élevage d'huîtres *C. gasar*.

Pourquoi intégrer la conchyliculture dans la PSM ?

- 39 En général, les activités aquacoles sont perçues comme fortement dépendantes de la PSM. En effet, ces activités sont à la croisée des dynamiques naturelles et des autres activités (économiques), et elles sont soumises à une série de politiques publiques, y compris pour l'autorisation d'utiliser l'espace marin. Comme la conchyliculture gagne, et devrait continuer à gagner, de l'importance pour l'approvisionnement alimentaire mondial et les développements futurs de la croissance bleue (FAO, 2020 ; BRUGÈRE *et al.*, 2019), il est nécessaire d'aborder les conflits actuels et futurs concernant l'espace et de prévenir l'introduction d'espèces nuisibles ou pathogènes.
- 40 Adopter une approche holistique de la gouvernance environnementale, c'est-à-dire inclure les impacts environnementaux, économiques et sociaux du développement à court et long termes de l'aquaculture côtière, signifie prendre en compte les biens et services que la conchyliculture peut fournir. La conchyliculture a des effets positifs sur le fonctionnement des écosystèmes en contribuant à maintenir leur intégrité, en soutenant la biodiversité fonctionnelle et structurelle et en réduisant les effets de l'eutrophisation (liés à l'urbanisation et à l'élevage intensif). En outre, dans les zones tropicales comme le NE du Brésil, les pratiques conchylicoles informelles et à petite échelle aident les communautés à générer des revenus supplémentaires pour certains ménages, et ainsi réduire la pauvreté. La conchyliculture représente ainsi une opportunité économique, de soutien des moyens de subsistance et de cohésion sociale des zones côtières et rurales (SHUMWAY *et al.*, 2003). En raison de sa nature marine, la conchyliculture côtière est parfois présentée comme une alternative professionnelle aux pêcheurs, bien que les opportunités (et les contraintes qui y sont liées) doivent être évaluées avec soin (WEEKS, 1992). En outre, le développement de la conchyliculture peut préserver et renforcer l'identité culturelle des communautés côtières (de pêcheurs), car il relie étroitement les connaissances et compétences locales à des lieux côtiers et à un espace marin spécifique (MURRAY et D'ANNA, 2015).
- 41 Afin de considérer l'aquaculture dans le cadre de la PSM, il faut tenir compte à la fois de ses effets sur l'environnement et sur les autres activités économiques, et de la manière dont elle-même est affectée par ces dernières. Dans le cas du NE brésilien, la conchyliculture est plus impactée par les autres activités qu'elle n'a d'effets elle-même. Alors que le regroupement de la conchyliculture avec d'autres activités (comme la production d'énergie éolienne) devient une réalité dans certaines régions du monde (p. ex. avec des parcs éoliens off-shore ; CHRISTIE *et al.*, 2014), il n'existe pas encore de plans de développement de la conchyliculture dans le NE. Néanmoins, la conchyliculture est potentiellement victime d'autres usages de l'espace marin et côtier. Par exemple, la pollution due au transport maritime et au tourisme côtier peut être une

source majeure de conflits, car elle entraîne des risques sanitaires et de biosécurité, et au final, des risques financiers et juridiques pour tous les acteurs impliqués dans l'aquaculture des bivalves. L'évaluation des risques (marée noire par exemple, voir SANTOS *et al.*, 2013) doit donc être intégrée dans la planification de l'aquaculture afin que les bénéfices socio-économiques de cette activité soient optimaux.

- 42 La stabilité réglementaire est une condition préalable essentielle pour accéder aux marchés aux niveaux régional, national et international. Ainsi, en établissant un cadre politique à la conchyliculture, la PSM peut contribuer à cette stabilité réglementaire et au développement d'opportunités commerciales. Cela pourrait aider également la mise en place de systèmes de certification, qui offrent des voies prometteuses de durabilité de l'aquaculture. On peut citer la norme sur les bivalves de l'Aquaculture Stewardship Council (ASC) et celle des meilleures pratiques aquacoles (*Best aquaculture practices*, BAP) pour les bivalves (moules) de la Global Aquaculture Alliance (GAA) (ASC, 2019 ; GAA, 2016). Ces normes prennent en compte de multiples dimensions de durabilité, comme l'utilisation des terres et de l'eau, la pollution de l'eau, les effets sur le benthos, les effets sur la biodiversité, et les relations avec les travailleurs et les communautés locales (BOYD *et al.*, 2005 ; BUSH *et al.*, 2013). Ces systèmes de certification aident ainsi la PSM à renforcer la durabilité de la conchyliculture. C'est d'ailleurs l'une des recommandations du Plan maritime portugais durable de l'aquaculture (*Plano de ordenamento do espaço marítimo*) cité par SANTOS *et al.* (2014), qui fait référence à la promotion de la « valorisation des produits de la pêche et de l'aquaculture au moyen de programmes de certification (y compris la certification des produits de la mer et de la pêche durable) ».
- 43 Il est cependant crucial de ne pas être trop ambitieux ou trop optimiste quant aux contributions de la PSM dans le développement aquacole. En effet, les réalités locales doivent être prises en compte avec soin. Ainsi, la conchyliculture dans le NE brésilien est très loin d'obtenir la certification ASC ou BAP. Par ailleurs, la conchyliculture étant parfois une activité accessoire, la PSM peut améliorer l'accès (souvent difficile) des produits conchylicoles aux marchés régionaux. La contribution de la PSM aux moyens de subsistance locaux et au développement communautaire doit être suffisamment réelle pour que les acteurs locaux investissent du temps et des efforts pour un tel processus (NUTTERS et DA SILVA, 2012). La participation des acteurs locaux est particulièrement importante, car il existe un besoin crucial d'informations, à la fois spécifiques aux espèces et aux sites de production. S'engager dans un processus de PSM implique en effet le partage des connaissances écologiques locales, y compris des informations sur les activités informelles et non déclarées, voire illégales. La PSM doit être conçue de manière à être bénéfique pour les communautés locales (FLANNERY et CINNÉIDE, 2008).

Conclusion

- 44 De par leur mode de nutrition (filtreur), les bivalves régulent la qualité de l'eau, la production primaire et la dynamique des nutriments. Cela les rend particulièrement utiles pour atténuer l'eutrophisation, les rejets d'eaux usées, les impacts de la pisciculture et favoriser la séquestration du dioxyde de carbone. Leur capacité à former des structures et des récifs modifie aussi l'environnement physique et peut être utilisée

pour renforcer la protection des côtes et favoriser le développement d'autres communautés à l'abri des récifs.

- 45 Afin d'augmenter les productions conchylicoles, quel que soit le lieu, il est primordial de trouver un espace où la capacité de charge peut être exploitée de manière durable et que ces productions soient socialement acceptées dans la zone concernée.
- 46 La conchyliculture joue un rôle dans le défi mondial de sécurité alimentaire pour une population humaine croissante. En plus de contribuer aux besoins alimentaires futurs, la conchyliculture remplit plusieurs fonctions écologiques. Un rapport récent du consortium Science Advice for Policy by European Academies (SAPEA, 2017) indique qu'il est essentiel de se tourner vers les produits de mer dont le niveau trophique est inférieur à celui moyen de l'alimentation actuelle. Faire passer la production conchylicole de bivalves de 18 Mt actuellement à 100 Mt dans les vingt prochaines années est l'une des options proposées par SAPEA. Le développement des PSM doit aider à dépasser les limites actuelles au développement de la conchyliculture, notamment les exigences de qualité de l'eau, les mortalités épisodiques, les espèces envahissantes et les interactions avec les stocks sauvages.
- 47 Le développement de la conchyliculture marine doit reposer sur des données socio-économiques complètes et à long terme afin d'évaluer objectivement les meilleurs compromis entre les différentes options de développement et éviter ainsi que son expansion ne se fasse au détriment de la pêche et des autres biens et services écosystémiques (agriculture, navigation et tourisme) et ne mette en péril les moyens de subsistance des populations locales. Les avantages tirés des systèmes conchylicoles ne doivent pas s'éloigner des communautés locales pour le seul profit des parties prenantes opérant au niveau du marché mondial.

BIBLIOGRAPHIE

AKABOSHI S., PEREREIRA O. M., 1981

Ostreicultura na região lagunar de Cananéia, São Paulo, Brasil. 1. Captação de larvas da ostra *Crassostrea brasiliana* (Lamarck 1819) em ambiente natural. *Boletim do Instituto de Pesca*, 8 : 87-104.

ANDREWS J., 1980

A review of introductions of exotic oysters and biological planning for new importations. *Marine Fisheries Review*, 42 (12) : 1-11.

ARZUL I., CORBEIL S., MORGA B., RENAULT T., 2017

Viruses infecting marine molluscs. *Journal of Invertebrate Pathology*. 147 : 118-135. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2017.01.009>

ASC, 2019

ASC Bivalve standard. Version 1.1. Utrecht, Aquaculture Stewardship Council, 53 p. https://www.asc-aqua.org/wp-content/uploads/2019/03/ASC-Bivalve-Standard_v1.1_Final.pdf

BARBER B. J., 2004

Neoplastic diseases of commercially important marine bivalves. *Aquatic Living Resources*, 17 (4) : 449-466.

BARBOSA SOLOMIEU V., RENAULT T., TRAVERS M.-A., 2015

Mass mortality in bivalves and the intricate case of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas*. *Journal of Invertebrate Pathology*. 131 : 2-10. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2015.07.011>

BÉNÉ C., BARANGE M., SUBASINGHE R., PINSTRUP-ANDERSEN P. MERINO G., HEMRE G.-I., WILLIAMS M., 2015

Feeding 9 billion by 2050. Putting fish back on the menu. *Food Security*, 7 (2) : 261-274.

BOSTOCK J., MCANDREW B., RICHARDS R., JAUNCEY K., TELFER T., LORENZEN K., LITTLE D., ROSS L., HANDISYDE N., GATWARD I., CORNER R., 2010

Aquaculture: global status and trends. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365 (1554) : 2897-2912.

BOYD C. E., MCNEVIN A. A., CLAY J., JOHNSON H. M., 2005

Certification issues for some common aquaculture species. *Rev Fish Sci*, 13 (4) : 231-279.

BRUGÈRE C., AGUILAR-MANJARREZ J., BEVERIDGE M. C., SOTO D., 2019

The ecosystem approach to aquaculture 10 years on – a critical review and consideration of its future role in blue growth. *Reviews in Aquaculture*, 11 (3) : 493-514.

BURKHOLDER J. M., 1998

Implications of harmful marine microalgae and heterotrophic dinoflagellates in management of sustainable marine fisheries. *Ecological Applications* 8 (Suppl.) : S37-62.

BUSH S. R., BELTON B., HALL D., VANDERGEEST P., MURRAY F. J., PONTE S., OOSTERVEER P., ISLAM M. S., MOL A. P. J., HATANAKA M., KRUIJSSEN F., HA T. T. T., LITTLE D. C., KUSUMAWATI R., 2013

Certify sustainable aquaculture? *Science*, 341 (6150) : 1067-1068.

CARBALLAL M. J., BARBER B. J., IGLESIAS D., VILLALBA A., 2015

Neoplastic diseases of marine bivalves. *Journal of Invertebrate Pathology*, 131 : 83-106.

CHINA B., DE SCHAETZEN M. A., DAUBE G., 2003

Les mollusques bivalves, des aliments dangereux ? *Annales de Médecine vétérinaire*, 147 : 413-422.

CHRISTIE N., SMYTH K., BARNES R., ELLIOTT M., 2014

Co-location of activities and designations: a means of solving or creating problems in marine spatial planning? *Marine Policy*, 43 : 254-261.

CRAEYMEERSCH J., JANSEN H., 2019

« Bivalve shellfish assemblages as hotspots for biodiversity ». In Smaal *et al.* (eds) : *Goods and services of marine bivalves*. Cham, Springer : 275-294.

CRANFORD P. J., 2019

« Magnitude and extent of water clarification services provided by bivalve suspension feeding ». In Smaal A. C., Ferreira J. G., Grant J., Petersen J. K., Strand Ø. (eds) : *Goods and services of marine bivalves*. Berlin, Springer Nature : 119-142.

CRANFORD P. J., KAMERMANS P., KRAUSE G., MAZURIE J., BUCK B. H., DOLMER P., FRASER D., VAN NIEUWENHOVE K., O'BEIRN F. X., SANCHEZ-MATA A., THORARINSDOTTIR G. G., STRAND O. 2012

An ecosystem-based approach and management framework for the integrated evaluation of bivalve aquaculture impacts. *Aquac. Environ. Interact.*, 2 : 193-213.

DA SILVA P. M., VIANNA R. T., GUERTLER C., FERREIRA L. P., SANTANA L. N., FERNÁNDEZ-BOO S., RAMILO A., CAO A., VILLALBA A., 2013

First report of the protozoan parasite *Perkinsus marinus* in South America, infecting mangrove oysters *Crassostrea rhizophorae* from the Paraíba River (NE, Brazil). *Journal of Invertebrate Pathology*, 113 (1) : 96-103.

DA SILVA P. M., SCARDUA M. P., VIANNA R. T., MENDONÇA R. C., VIEIRA C. B., DUNGAN C. F., SCOTT G. P., REECE K. S., 2014

Two *Perkinsus* spp. infect *Crassostrea gasar* oysters from cultured and wild populations of the Rio São Francisco estuary, Sergipe, northeastern Brazil. *Journal of Invertebrate Pathology*, 119 : 62-71.

DA SILVA P. M., COSTA C. P., DE ARAÚJO J. P. B., QUEIROGA F. R., WAINBERG A. A., 2016

Epizootiology of *Perkinsus* sp. in *Crassostrea gasar* oysters in polyculture with shrimps in northeastern Brazil. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, 25 (1) : 37-45.

DA SILVA P. M., FARIAS N. D., QUEIROGA F. R., HÉGARET H., SOUDANT P., 2018

Disseminated neoplasia in cultured *Crassostrea gasar* oysters from northeast Brazil. *Journal of Invertebrate Pathology*, 159 : 1-5.

NETO M. P. D., GESTEIRA T. C. V., SABRY R. C., FEIJÓ R. G., FORTE J. M., BOEHS G., MAGGIONI R., 2016

First record of *Perkinsus chesapeaki* infecting *Crassostrea rhizophorae* in South America. *Journal of Invertebrate Pathology*, 141 : 53-56.

DÍAZ S., IGLESIAS D., VILLALBA A., CARBALLAL M. J., 2016

Long-term epidemiological study of disseminated neoplasia of cockles in Galicia (NW Spain): temporal patterns at individual and population levels, influence of environmental and cockle-based factors and lethality. *Journal of Fish Diseases*, 39 (9) : 1027-1042.

EHLER C., DOUVERE F., 2011

Marine spatial planning: a step-by-step approach toward ecosystem-based management. *Intergovernmental Oceanographic Commission Manual and Guides*, 53, Paris, Unesco.

FAO, 2020

The state of world fisheries and aquaculture (Sofia) 2020. Sustainability in action. Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/ca9229en>

FLANNERY W., CINNÉIDE M. Ó., 2008

Marine spatial planning from the perspective of a small seaside community in Ireland. *Marine Policy*, 32 (6) : 980-987.

GAA, 2016

Best aquaculture practices factsheet. Portsmouth, Global Aquaculture Alliance. www.aquaculturealliance.org/wp-content/uploads/2016/03/BAP-Fact-Sheet-LT.pdf

GLIBERT P. M., BURKHOLDER J. M., 2018

« Causes of harmful algal blooms ». In Shumway S. E. (eds) : *Harmful algal blooms: a compendium desk reference*, New Jersey, J. Wiley & Sons : 1-38.

HALLEGRAEFF G. M., 1993

A review of harmful algal blooms and their apparent global increase. *Phycologia*, 32 : 79-99.

HANCOCK B., ERMGASSEN P., 2019

« Enhanced production of finfish and large crustaceans by bivalve reefs ». In Smaal et al. (eds) : *Goods and services of marine bivalves*. Cham, Springer : 295-312.

HARVELL G., KIM K., BURKHOLDER J. M., COLWELL R. R., EPSTEIN P. R., GRIMES D. J., HOFMANN E. E., LIPP E. K., OSTERHAUS A. D. M. E., OVERSTREET R. M., PORTER J. W., SMITH G. W., VASTA G. R., 1999

Emerging marine diseases. Climate links and anthropogenic factors. *Science* 285 (5433) : 1505-1510.

LESTER S. E., STEVENS J. M., GENTRY R. R., KAPPEL C. V., BELL T. W., COSTELLO C. J., GAINES S. D., KIEFER D. A., MAUE C. C., RENSEL J. E., SIMONS R. D., WASHBURN L., WHITE C., 2018

Marine spatial planning makes room for offshore aquaculture in crowded coastal waters. *Nature Communications*, 9 (1) : 1-13.

LINDAHL O., 2011

« Mussel farming as a tool for re-eutrophication of coastal waters: experiences from Sweden ». In Shumway S. E. (ed.) : *Shellfish aquaculture and the environment*. Wiley Blackwell, Hoboken.

LUZ CUNHA A. C., PONTINHA V. DE A., DE CASTRO M. A. M., SÜHNEL S., MEDEIROS S. C., MOURA DA LUZ Â. M., HARAKAVA R., TACHIBANA L., MELLO D. F., DANIELLI N. M., DAFRE A. L., MAGALHÃES A. R. M., MOURIÑO J. L., 2019.

Two epizootic *Perkinsus* spp. events in commercial oyster farms at Santa Catarina, Brazil. *J. Fish Dis.*, 42 : 455-463. <https://doi.org/10.1111/jfd.12958>

MELLO D. F., DANIELLI N. M., CURBANI F., PONTINHA V. A., SUHNEL S., CASTRO M. A. M., MEDEIROS S. C., WENDT N. C., TREVISAN R., MAGALHÃES A. R. M., DAFRE A. L., 2018

First evidence of viral and bacterial oyster pathogens in the Brazilian coast. *Journal of Fish Diseases*, 41 : 559-563.

MURRAY G., D'ANNA L., 2015

Seeing shellfish from the seashore: the importance of values and place in perceptions of aquaculture and marine social-ecological system interactions. *Marine Policy*, 62 : 125-133.

NUNES J. P., FERREIRA J. G., BRICKER S. B., 2011

Towards an ecosystem approach to aquaculture: assessment of sustainable shellfish cultivation at different scales of space, time and complexity. *Aquaculture*, 315 (3-4) : 369-383.

NUTTERS H. M., DA SILVA P. P., 2012

Fishery stakeholder engagement and marine spatial planning: lessons from the Rhode Island Ocean SAMP and the Massachusetts Ocean Management Plan. *Ocean & Coastal Management*, 67 : 9-18.

OSPAR, 2010

Quality status report 2010. London, Ospar Commission, 176 p.

PETERSEN J., HOLMER M., TERMANSEN M., HASLER B., 2019

« Nutrient extraction through bivalves ». In Smaal A., Ferreira J. G., Grant J., Petersen J. K., Strand O. (eds) : *Goods and services of marine bivalves*. Cham, Springer : 143-177.

POLI C. R., 2004

« Cultivo de ostras do Pacífico (*Crassostrea gigas*, 1852) ». In Poli, A. T. et al. (eds) : *Aquicultura: experiências brasileiras*, Florianópolis, SC, Multitarefa Editora Ltda: 251-266.

POLI C. R., SILVERA N. J. R., SILVA F. C., 1990

Introdução da ostra do Pacífico no sul do Brasil. *Red Acuicultura Bol*, 4 : 14-15.

RENAULT T., 1996

Appearance and spread of diseases among bivalve molluscs in the northern hemisphere in relation to international trade. *Revue scientifique et technique de l'Office international des épizooties*, 15 : 551-561.

ROBLEDO J. A. F., VASTA G. R., RECORD N. R., 2014

Protozoan parasites of bivalve molluscs: literature follows culture. *PLoS One*, 9 : e100872. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0100872>

SABRY R. C., ROSA R. D., MAGALHÃES A. R. M., 2009

First report of *Perkinsus* sp. infecting mangrove oysters *Crassostrea rhizophorae* from the Brazilian coast. *Diseases of Aquatic Organisms*, 88 (1) : 13-23.

SABRY R. C., GESTEIRA T. C. V., MAGALHÃES A. R. M., BARRACCO M. A., GUERTLER C., FERREIRA L. P., VIANNA R. T., DA SILVA P. M., 2013

Parasitological survey of mangrove oyster, *Crassostrea rhizophorae*, in the Pacoti river estuary, Ceará state, Brazil. *Journal of Invertebrate Pathology*, 112 (1) : 24-32.

SANCHEZ-JEREZ P., KARAKASSIS I., MASSA F., FEZZARDI D., AGUILAR-MANJARREZ J., SOTO D., CHAPELA R., AVILA P., RIVERO J. C., TOMASSETTI P., MARINO G., BORG J. A., FRANICEVIC V., YUCEL-GIER G., FLEMING I., BIAO X., NHHALA H., HAMZA H. A., FORCADA A., DEMPSTER T., 2016

Aquaculture's struggle for space: the need for coastal spatial planning and the potential benefits of allocated zones for aquaculture (AZAs) to avoid conflict and promote sustainability. *Aquaculture Environment Interactions*, 8 : 41-54.

SANTOS C. F., MICHEL J., NEVES M., JANEIRO J., ANDRADE F., ORBACH M., 2013

Marine spatial planning and oil spill risk analysis: finding common grounds. *Marine Pollution Bulletin*, 74 (1) : 73-81.

SANTOS C. F., DOMINGOS T., FERREIRA M. A., ORBACH M., ANDRADE F., 2014

How sustainable is sustainable marine spatial planning? Part II. The Portuguese experience. *Marine Policy*, 49 : 48-58.

SARGENT J. R., TACON A. G., 1999

Development of farmed fish: a nutritionally necessary alternative to meat. *The Proceedings of the Nutrition Society*, 58 (2) : 377-383.

SAPEA, 2017

Food from the oceans: how can more food and biomass be obtained from the oceans in a way that does not deprive future generations of their benefits? Berlin, Brussels, Science Advice for Policy by European Academies

SCARDUA M. P., VIANNA R. T., DUARTE S. S., FARIAS N. D., DIAS CORREIA M. L., ARAÚJO DOS SANTOS H. T., DA SILVA P. M., 2017

Growth, mortality and susceptibility of oyster *Crassostrea* spp. to *Perkinsus* spp. infection during on growing in northeast Brazil. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, 26 (4) : 401-410.

SEGARRA A., PÉPIN J. F., ARZUL I., MORGA B., FAURY N., RENAULT T., 2010

Detection and description of a particular Ostreid herpesvirus 1 genotype associated with massive mortality outbreaks of Pacific oysters, *Crassostrea gigas*, in France in 2008. *Virus Research*, 153 : 92-99.

SHUMWAY S. E., DAVIS C., DOWNEY R., KARNEY R., KRAEUTER J., PARSONS J., RHEAULT R., WIKFORS G., 2003

Shellfish aquaculture in praise of sustainable economies and environments. *World Aquaculture*, 34 (4) : 8-10.

SMAAL A. C., FERREIRA J. G., GRANT J., PETERSEN J. K., STRAND Ø., 2019

Goods and services of marine bivalves. Berlin, Springer Nature. 591 p.

SMAAL A. C., VAN DUREN L. A., 2019

« Bivalve aquaculture carrying capacity: concepts and assessment tools ». In Smaal A. C., Ferreira J. G., Grant J., Petersen J. K., Strand Ø. (eds) : *Goods and services of marine bivalves*. Berlin, Springer Nature : 451-483.

TRAVERS M.-A., BOETTCHER MILLER K., ROQUE A., FRIEDMAN C. S., 2015

Bacterial diseases in marine bivalves. *Journal of Invertebrate Pathology*, 131 : 11-31. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2015.07.010>

WAKAMATSU T., 1973

A ostra de Cananéia e seu cultivo. São Paulo, SP, Sudelpa. 141 p.

WEEKS P., 1992

Fish and people: aquaculture and the social sciences. *Society & Natural Resources*, 5 (4) : 345-357.

WIJSMAN J. W. M., TROOST K., FANG J., RONCARATI A., 2019

« Global production of marine bivalves. Trends and challenges ». In Smaal A. C. et al. (eds) : *Goods and services of marine bivalves*. Springer, Cham : 7-26.

ZANNELLA C., MOSCA F., MARIANI F., FRANCI G., FOLLIERO V., GALDIERO M., TISCAR P. G., GALDIERO M., 2017

Microbial diseases of bivalve mollusks: infections, immunology and antimicrobial defense. *Marine Drugs*, 15 : 182. <https://doi.org/10.3390/md15060182>.

ZHU C., SOUTHGATE P. C., LI T., 2019

« Production of Pearls ». In Smaal, A. C. et al. (eds) : *Goods and services of marine bivalves*, Berlin, Springer Nature : 73-93.

NOTES

1. Entreprise Primar Aquacultura : <https://www.primarorganica.com.br>

AUTEURS

PHILIPPE SOUDANT

Biologiste marin, Lemar, CNRS, France.

HILDE TOONEN

Politologue, université de Wageningen, Pays-Bas.

PATRICIA MIRELLA DA SILVA

Écologue marin, université fédérale de Paraíba, Brésil.

RUI TROMBETA

Écologue marin, université de Brasilia, Brésil.

O DELINE BILLANT

Juriste en droit de l'environnement, Lemar, université de Bretagne occidentale (UBO), France.

NELLY LE GOÏC

Écologue marin, Lemar, CNRS, France.

ADELINE BIDAULT

Écologue marin, laboratoire des sciences de l'environnement marin (Lemar), Centre national de la recherche scientifique (CNRS), France.

CHRISTOPHE LAMBERT

Écologue marin, Lemar, CNRS, France.

AURÉLIE CHAMBOUVET

Écologue marin, Lemar, CNRS, France.

FERNANDO QUEIROGA-RAMOS

Écologue marin, université fédérale Paraiba, Brésil.

ANDREI FELIX MENDES

Écologue marin, université fédérale Paraiba, Brésil.

MARIE BONNIN

Juriste en droit de l'environnement, Lemar, IRD, France.

HÉLÈNE HÉGARET

Biologiste marin, Lemar, CNRS, France.

Chapitre 6. Pêche artisanale, changement climatique et défis scientifiques pour soutenir la planification spatiale marine

Yoann Thomas et Malick Diouf

Introduction

- 1 Les effets directs de la pêche sur la répartition, la démographie et la structure des stocks d'espèces exploitées, associés aux modifications de productivité et de composition des communautés sous l'effet du changement climatique, sont susceptibles de limiter la capacité des pêcheries à fonctionner sous leur forme actuelle et à s'adapter aux changements futurs (BRANDER, 2007 ; JOHNSON et WELCH, 2009). Dans ce contexte, la pêche artisanale, qui est définie selon le glossaire de l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) comme « la pêche traditionnelle impliquant des ménages de pêcheurs (par opposition aux sociétés commerciales), utilisant des quantités relativement faibles de capital et d'énergie, des navires de pêche relativement petits (le cas échéant), effectuant de courtes sorties de pêche, près des côtes, et principalement pour la consommation locale », apparaît très vulnérable, en particulier dans la zone intertropicale. Cette dernière est en effet plus fortement exposée aux conséquences du changement climatique que le reste du globe ; les populations qui en dépendent ont un niveau de dépendance important vis-à-vis de la ressource exploitée et présentent des capacités d'adaptation limitées du fait d'un contexte socio-économique fragile. Malgré cette vulnérabilité avérée de la pêche artisanale, il n'y a que peu d'études à l'échelle locale qui s'intéressent à la façon dont la variabilité et le changement du climat affectent la vie et les moyens de subsistance de la « majorité tropicale » des petits pêcheurs, qui représentent plus de 90 % des pêcheurs et des commerçants de poissons du monde entier (*sensu* BADJECK *et al* 2010). Les moyens d'action pour réduire la vulnérabilité des pêcheries doivent être considérés aux

échelles locale, nationale et internationale, et pour faire face à des risques intervenant à court, moyen et long termes (CINNER *et al.*, 2012). Réduire la vulnérabilité de l'activité de pêche artisanale passe donc par une meilleure compréhension des processus qui interviennent à ces différentes échelles afin d'être en mesure d'évaluer son degré d'exposition et ses capacités d'adaptation aux conséquences du changement climatique. Cela doit permettre de renforcer la connaissance des processus mis en œuvre et la dynamique des écosystèmes marins pour mettre en œuvre une planification spatiale marine (PSM) en cohérence avec l'ensemble des usages.

- 2 Afin d'aborder la façon dont le changement climatique interagit avec les pêcheries artisanales et comment cela ajoute de nouveaux défis à la mise en œuvre de la PSM, ce chapitre fait une synthèse des impacts du changement climatique sur les pêcheries, puis aborde la notion de vulnérabilité associée au cas particulier des pêcheries artisanales. L'étude de cas de la pêche aux coquillages dans le delta du Sine-Saloum, au Sénégal, est présentée et, enfin, sont discutés les défis scientifiques à surmonter pour soutenir la mise en œuvre d'une PSM adaptée aux problèmes des pêcheries artisanales.

Impacts du changement climatique sur les pêcheries

- 3 Le réchauffement du système climatique est sans équivoque et a de nombreuses conséquences sur les océans (IPCC, 2019) :
 - hausse des températures moyennes et augmentation des vagues de chaleur exceptionnelles ;
 - acidification associée à l'absorption du CO₂ atmosphérique dans la colonne d'eau ;
 - diminution des teneurs en oxygène dans l'eau et augmentation du nombre de « zones mortes » (hypoxiques) ;
 - hausse du niveau moyen des océans et augmentation des risques d'érosion côtière ;
 - modification des apports terrigènes en zone côtière par la modification du régime des pluies.
- 4 Ces conséquences du changement climatique sur les océans ont des impacts directs et indirects sur la distribution et la productivité des ressources naturelles. Elles modifient de façon directe les performances physiologiques et le comportement des espèces, affectant ainsi leur croissance, le succès, l'effort et la phénologie (c'est-à-dire la saisonnalité) de leur reproduction, perturbant leurs migrations et diminuant potentiellement leur survie en augmentant notamment leur vulnérabilité aux pathogènes (BEAUGRAND et KIRBY, 2018 ; BURGE *et al.*, 2014 ; DONEY *et al.*, 2012). Le changement climatique agit également de façon indirecte, à l'échelle des populations et des écosystèmes, en générant des pertes d'habitats, en altérant les réseaux trophiques par la modification de la productivité des sources de nourriture et en modifiant les interactions entre espèces en modulant l'abondance des compétiteurs, prédateurs et pathogènes (ALBOUY *et al.*, 2014 ; DONEY *et al.*, 2012).
- 5 Les conséquences pour les pêcheries sont multiples (tabl. 1). La variabilité des conditions environnementales va ainsi déterminer la distribution, la migration, l'abondance et la taille des espèces capturées. Cela redistribue les potentiels de capture à l'échelle globale, modifie la composition des espèces localement et modifie la taille moyenne des espèces exploitées (BRANDER, 2007). Conjointement aux conséquences sur les ressources, les opérations de pêche et les infrastructures sont elles aussi directement impactées. La hausse du niveau des océans et l'augmentation des

occurrences d'évènements météorologiques extrêmes (c'est-à-dire tempêtes, cyclones) fragilisent les structures portuaires. L'effort de pêche est également impacté par la réduction des possibilités de sortie en mer et la nécessité imposée aux pêcheurs d'adapter leurs stratégies et engins de pêche. Les conséquences du changement climatique ne sont cependant pas homogènes à l'échelle globale. Une projection de la redistribution des potentiels de capture à l'horizon 2050-60 dans le scénario RCP8.5 « *business as usual* » (CHEUNG *et al.*, 2009), montre de façon explicite que la zone intertropicale sera nettement plus impactée que le reste du globe, avec des diminutions comprises entre 40 et 60 %, là où les régions situées aux hautes latitudes pourraient voir leurs potentiels augmenter de 30 à 70 % (fig. 1). C'est un élément fondamental au regard de la notion de vulnérabilité qui est, suivant le rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (Giec) (IPCC, 2001), la mesure dans laquelle le changement climatique peut endommager ou nuire à un système et qui dépend non seulement de la sensibilité d'un système, mais aussi de sa capacité à s'adapter aux nouvelles conditions climatiques. Dans le contexte de la pêche artisanale étudiée ici, le système fait référence à un système socio-écologique, qui est défini comme « un système qui comprend des sous-systèmes sociétaux (humains) et écologiques (biophysiques) en interaction mutuelle » (GALLOPIN *et al.*, 1989). En considérant les impacts du changement climatique sur les ressources marines et leur niveau de vulnérabilité, les pêcheries artisanales des pays en développement dans la zone tropicale semblent être entre le marteau et l'enclume, avec une exposition plus élevée et une capacité d'adaptation plus faible (ALLISON *et al.*, 2019).

Tableau 1. Exemples de voies d'impact du climat sur la pêche

Types de changement	VARIABLES CLIMATIQUES	Impacts	Conséquences potentielles pour la pêche
Environnement physique	Acidification de l'océan	Effets sur les organismes calcifiants, par ex. mollusques, crustacés, coraux, échinodermes et certains phytoplanctons	Diminution potentielle de la production de ressources marines

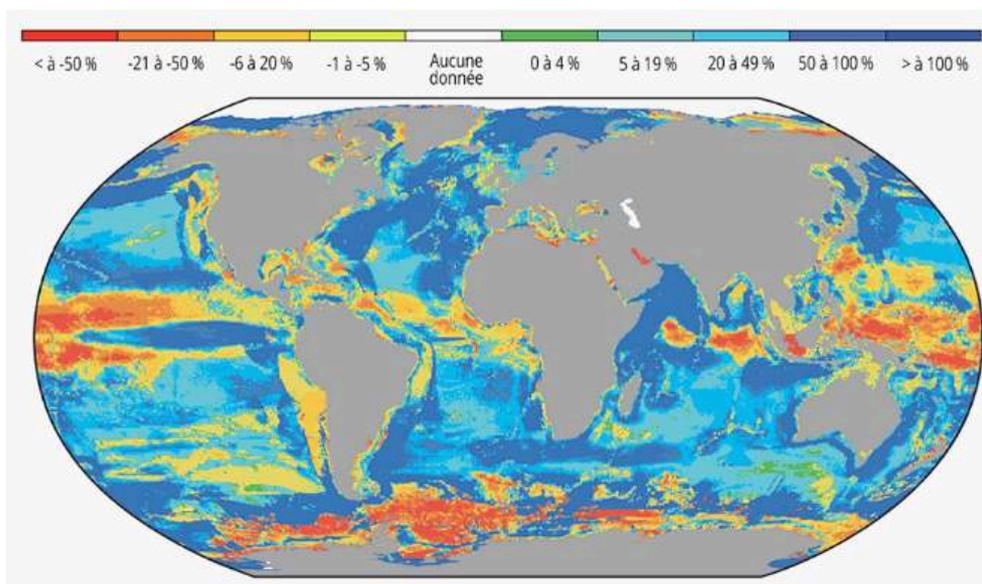
	<p>Réchauffement des couches superficielles</p>	<p>Espèces d'eau froide remplacées par espèces d'eau chaude</p>	<p>Déplacement de la répartition du plancton, des invertébrés, des poissons, des oiseaux, vers les pôles Nord ou Sud, réduction de la diversité des espèces dans les eaux tropicales</p>
		<p>Modification des périodes de bloom phytoplanctoniques</p>	<p>Inadéquation potentielle entre les proies (plancton) et les prédateurs (populations de poissons) et déclin de la production et de la biodiversité</p>
		<p>Modification de la composition des communautés de zooplancton</p>	
	<p>Augmentation du niveau des océans</p>	<p>Perte d'habitats, par ex. zones de nurserie, mangroves, récifs coralliens</p>	<p>Réduction de la production de la pêche côtière</p>
<p>Stocks</p>	<p>Températures plus hautes Modification des courants océaniques</p>	<p>Changements dans le sex-ratio Modification des périodes de ponte Modification des périodes de migration Modification des périodes de pic d'abondance</p>	<p>Impacts possibles sur le calendrier et les niveaux de productivité dans les systèmes marins et d'eau douce</p>

		Augmentation des espèces invasives, des maladies et blooms d'algues toxiques	Réduction de la production d'espèces cibles dans les systèmes marins et d'eau douce
		Réduction du succès du recrutement	Impact sur l'abondance des poissons juvéniles et donc sur la production en mer et en eau douce
Écosystèmes	Réduction des débits et augmentation des sécheresses	Modification du niveau des lacs Changement des périodes d'étiage	Réduction de la productivité des rivières
	Augmentation des événements ENSO	Modification des périodes et des amplitudes des <i>upwellings</i> Blanchiment et disparition des coraux	Changements dans la distribution des pêches pélagiques Réduction de la productivité des pêcheries de récifs coralliens
Infrastructures côtières et opérations de pêche	Hausse du niveau de l'eau	Modification du profil des côtes, perte de ports et d'habitations Exposition accrue des zones côtières aux tempêtes	Les coûts d'adaptation rendent la pêche moins rentable, le risque de dommages dus aux tempêtes augmente les coûts d'assurance et/ou de reconstruction et vulnérabilité accrue des ménages côtiers

	Augmentation de la fréquence des tempêtes	Plus de jours de mer perdus en raison du mauvais temps, risques d'accident accrus	Risques accrus pour la pêche et la pisciculture côtière, qui deviennent des moyens de subsistance moins viables pour les pauvres Baisse de la rentabilité des entreprises à grande échelle Augmentation des primes d'assurance
Opérations et moyens de subsistance de la pêche dans les eaux intérieures	Modification du niveau de précipitation	Réduction des possibilités d'agriculture, de pêche et d'aquaculture	Diversité réduite des moyens de subsistance ruraux Risques accrus dans l'agriculture Dépendance accrue à l'égard des revenus non agricoles
	Plus de sécheresse ou d'inondations	Dommages aux biens de production (étangs piscicoles, barrages, rizières, etc.) et aux habitations	Vulnérabilité accrue des communautés et des ménages
	Saisons des pluies/saisons sèches moins prédictibles	Diminution de la capacité à planifier les activités de subsistance par ex., saisonnalité de l'agriculture et de la pêche	riverains et des plaines inondables

Source : FAO (2007b) ; voir ALLISON *et al.* (2005) pour une synthèse

Figure 1. Projection de la redistribution mondiale du potentiel de capture maximal d'environ 1 000 espèces exploitées de poissons et d'invertébrés marins



Les projections comparent les moyennes décennales 2001-2010 et 2051-2060 en utilisant les conditions océaniques basées sur un seul modèle climatique dans le cadre d'un scénario de réchauffement modéré à élevé, sans analyse des impacts potentiels de la surpêche ou de l'acidification des océans.

Source : CHEUNG *et al.* (2009) ; extrait de IPCC (2014)

- 6 L'impact du changement climatique doit également être évalué dans le contexte d'autres pressions anthropiques et/ou naturelles, qui ont souvent des effets importants et plus immédiats (BRANDER, 2010). En particulier, les espèces pêchées seront d'autant plus sensibles aux effets du changement climatique si leur habitat est dégradé. Les pratiques de pêche destructrices qui épuisent les stocks, réduisent la biodiversité par la mortalité des prises accessoires et endommagent la structure des fonds marins réduisent la complexité des habitats et compromettent ainsi la résilience des pêcheries au changement climatique (JOHNSON et WELCH, 2009). Par ailleurs, la variabilité décennale des conditions climatiques à l'échelle régionale, notamment caractérisée par des indices climatiques tels que la NAO (*North Atlantic Oscillation*), ENSO (*El Niño Southern Oscillation*) ou la PDO (*Pacific Decadal Oscillation*), entraîne également des pressions sur les ressources liées, par exemple, aux conditions de vent qui conduisent à une intensité variable de la remontée des eaux côtières ou au ruissellement fluvial qui conduit à une eutrophisation côtière contrastée, en combinaison avec les effets du changement climatique (LEHODEY *et al.*, 2006).
- 7 En conséquence, deux effets majeurs du changement climatique sont identifiés, qui sont susceptibles d'impacter significativement l'activité de pêche et notamment la pêche artisanale : la diminution de productivité des espèces et le déplacement géographique des espèces. Il s'agit de processus multifactoriels qui sont gouvernés par des forçages intervenant à de multiples échelles temporelles et spatiales. Afin de mieux évaluer les conséquences du changement climatique sur la pêche artisanale, il convient donc de préciser les processus à l'origine de ces effets. Cela doit permettre d'orienter la mise en place de systèmes d'observation des écosystèmes et ainsi soutenir la mise en œuvre de mesures de gestion appropriées.

Diminution de la productivité

- 8 En écologie, la productivité se réfère à la production de biomasse dans un écosystème. Dans le cas d'une ressource halieutique, cette productivité va dépendre de plusieurs processus :
- la reproduction et le recrutement qui déterminent l'arrivée de nouveaux individus dans une population ;
 - le développement et la croissance individuelle qui augmentent la biomasse globale d'une population et permettent aux animaux d'atteindre le stade d'adulte reproducteur ;
 - la mortalité qui va réguler le nombre d'individus. Cette mortalité peut être associée à de la prédation, à des maladies, des stress (thermiques, hypoxies, pollutions, etc.) ou à la pêche.
 - la migration peut également intervenir comme élément régulant les biomasses localement lorsque l'on s'intéresse à une zone géographique donnée.
- 9 Il existe de nombreux facteurs de stress associés au changement climatique et impliqués dans la diminution de la productivité des espèces exploitées. Ces facteurs de stress interviennent à de multiples échelles spatiales et temporelles, tout au long du cycle de vie des organismes.
- 10 Le réchauffement compte parmi les principaux facteurs de stress associés au changement climatique. La température intervient dans la majorité des processus métaboliques et comportements saisonniers. Elle régule ainsi la vitesse des processus associés à la croissance, la reproduction et la survie (PÖRTNER *et al.*, 2017). Les répercussions pour la pêche peuvent être très importantes. LYNE *et al.* (2003) évaluent à 35 % la réduction des revenus économiques de la pêche en Australie à l'horizon 2070 sous l'effet du changement climatique. La hausse des températures peut également avoir des effets indirects en dégradant les habitats des espèces d'intérêt. Le blanchiment des coraux associé au réchauffement de l'eau en est un des exemples emblématiques (FRIELER *et al.*, 2013), avec des conséquences néfastes pour la pêche artisanale pratiquée dans les écosystèmes récifaux (CINNER *et al.*, 2012). La température est susceptible de s'associer à d'autres facteurs de stress. Cela va notamment augmenter les risques de mortalité comme dans le cas de l'huître creuse en Atlantique Nord. La sensibilité des huîtres aux maladies est accrue par le réchauffement de la période hivernale, qui favorise le développement des pathogènes et réduit le repos biologique de l'huître en maintenant une activité métabolique élevée et donc une plus grande fragilité (FLEURY *et al.*, 2020 ; THOMAS *et al.*, 2018). Enfin, la modification du cycle saisonnier des températures est susceptible d'engendrer un décalage dans la saison de reproduction des espèces (phénologie), provoquant une désynchronisation entre le recrutement des prédateurs et la présence des proies, entraînant ce que l'on appelle un « *mismatch* trophique » qui peut pénaliser la productivité des espèces exploitées (EDWARDS et RICHARDSON, 2004 ; RÉGNIER *et al.*, 2019).
- 11 Les modifications des propriétés physicochimiques de la masse d'eau, telles que l'acidification de l'eau liée à l'accumulation de CO₂ atmosphérique ou la désoxygénation liée à l'eutrophisation côtière, ont également un impact sur les ressources marines en dégradant la qualité des habitats marins. On constate ainsi une augmentation marquée des « zones mortes » hypoxiques dans les zones côtières sous l'effet du changement climatique en raison de l'augmentation de la stratification, du réchauffement et de l'augmentation des rejets de nutriments dans les écosystèmes côtiers (DIAZ et ROSENBERG, 2008). Cette désoxygénation nuit aux performances physiologiques des espèces et est

susceptible de réduire leur productivité (AGUIRRE-VELARDE *et al.*, 2018 ; LAVAUD *et al.*, 2019 ; THOMAS *et al.*, 2019). L'acidification des océans va également impacter fortement la productivité des espèces, ce qui va réduire la survie des larves des organismes calcifiants comme les coquillages et réduire leur potentiel de recrutement (ANDERSEN *et al.*, 2013 ; BYRNE, 2012). Les effets sur les ressources halieutiques peuvent également être indirects, par la modification des interactions trophiques associée à la réduction de la productivité des sources de nourriture (c'est-à-dire le phytoplancton et le zooplancton), ce qui induit une diminution des apports nutritifs pour la croissance et la reproduction des consommateurs (BRANDER, 2010). L'ensemble de ces contraintes s'associe aux pollutions d'origine anthropique, dont les sources se multiplient, et parmi lesquelles la pollution plastique constitue une menace forte pour les ressources marines comme pour toutes les espèces (WILCOX *et al.*, 2015). Il a été démontré que la pollution par les microplastiques est susceptible de réduire de 40 % les capacités de reproduction de l'huître creuse (*Crassostrea gigas*) qui est la principale espèce de coquillage exploitée pour l'aquaculture dans le monde (SUSSARELLU *et al.*, 2016).

Déplacement géographique des espèces

- 12 Différents processus sont à l'origine du déplacement des espèces : la perte d'habitats, la modification des migrations, ou la modification de la connectivité entre habitats, en particulier au moment du recrutement. Cela va provoquer le déplacement, la contraction, voire l'extension, de l'aire de distribution des espèces. Chaque espèce possède une niche écologique définie par (1) la gamme des paramètres physicochimiques dans laquelle elle peut évoluer et (2) les interactions biotiques de l'espèce (c'est-à-dire les proies, prédateurs, etc.). Si ces conditions optimales sont modifiées dans un habitat, l'espèce est susceptible de ne pas pouvoir se maintenir. Elle se déplacera ou s'éteindra localement, ce qui modifiera sa répartition.
- 13 Les limites thermiques d'une espèce constituent l'une des principales variables qui déterminent sa distribution géographique (PÖRTNER, 2002). Par exemple, CHEUNG *et al.* (2009) ont étudié 1 066 espèces de poissons et d'invertébrés marins exploitées dans le cadre d'un scénario de réchauffement climatique (scénario A1B « *business as usual* ») par le biais de la modélisation. Ils prévoient de nombreuses extinctions locales dans les régions subpolaires, dans les tropiques et dans les mers semi-fermées d'ici 2050. Les espèces ont en effet tendance à se déplacer vers les hautes latitudes et les eaux profondes pour se maintenir dans des conditions thermiques favorables. C'est ainsi que certaines pêcheries localisées dans les hautes latitudes sont susceptibles de profiter d'un réchauffement de l'eau, au détriment des zones tempérées et tropicales. C'est par exemple le cas pour la pêche à la morue en Atlantique du Nord-Est (SCHRANK, 2007). Chaque espèce est susceptible de réagir différemment à un stress. Le changement climatique va donc modifier la structure des communautés et donc les interactions entre les espèces, comme la relation proie/prédateur, la compétition trophique ou pour l'espace et ainsi modifier les densités localement (POLOCZANSKA *et al.*, 2008).
- 14 Par ailleurs, en raison du déplacement géographique des espèces sous la contrainte du changement climatique associé à l'augmentation du commerce international et notamment du transport maritime, le nombre et la gravité des invasions d'espèces non indigènes augmentent à l'échelle mondiale, avec des impacts importants sur les écosystèmes marins, les habitats et les ressources halieutiques (RIUS *et al.*, 2014 ; RUIZ

et al., 1997). Il est apparu que le réchauffement des océans facilite en effet ces invasions d'espèces non indigènes (STACHOWICZ *et al.*, 2002). Ceci a été mis en évidence, par exemple, avec l'introduction de l'huître du Pacifique dans le nord de l'Europe au XX^e siècle, qui tend à augmenter sa productivité locale et à étendre son aire de répartition vers le nord sous l'effet du réchauffement climatique (KING *et al.*, 2021 ; THOMAS *et al.*, 2016).

- 15 De nombreuses espèces, comme les coquillages ou les crustacés, ont un cycle de vie avec une phase larvaire pélagique. Le recrutement va ainsi dépendre de la dispersion des larves par le courant et le comportement de nage des larves. C'est ce que l'on appelle la connectivité (COWEN *et al.*, 2007), qui définit la probabilité qu'un individu qui naît dans un habitat A soit recruté dans un habitat B, plus ou moins distant. Les perturbations liées au climat modifient non seulement les voies de dispersion des larves en réduisant leur exportation des zones touchées et en modifiant l'hydrodynamique ; elles peuvent également entraîner des changements dans plusieurs processus impliqués dans la connectivité (voir par exemple COWEN et SPONAUGLE, 2009) :
- la phénologie de la reproduction (ponte plus précoce des adultes) ;
 - le transport des larves (durée plus courte de la phase larvaire pélagique) ;
 - la mortalité des larves (exposition réduite à des températures mortelles et durée de vie plus courte des larves) ;
 - le comportement (augmentation de la vitesse de nage des larves).
- 16 La connectivité des populations joue un rôle clé dans la dynamique des populations et des communautés, la diversité génétique et la résilience des populations marines à l'exploitation humaine (FOGARTY et BOTSFORD, 2007). Dans ce contexte et à des fins d'aménagement du territoire, la connaissance des schémas de dispersion et de leur variabilité sera particulièrement importante pour l'établissement d'aires marines protégées, afin d'optimiser les potentiels de recrutement (KRUECK *et al.*, 2017 ; MAGRIS *et al.*, 2014).
- 17 Une modification des aires de distribution d'espèces exploitées associée au changement climatique est déjà observée dans l'ensemble des océans (JOHNSON et WELCH, 2009). Les conséquences pour la pêche sont multiples et vont modifier les potentiels de capture à l'échelle globale. Un déplacement des stocks peut notamment poser des problèmes de gouvernance, en impliquant une gestion transfrontalière des pêcheries. Selon PINSKY *et al.* (2018), la quasi-totalité des zones économiques exclusives mondiales serait touchée par cette problématique à l'horizon 2100, si aucune mesure de réduction des émissions de CO₂ n'intervient.

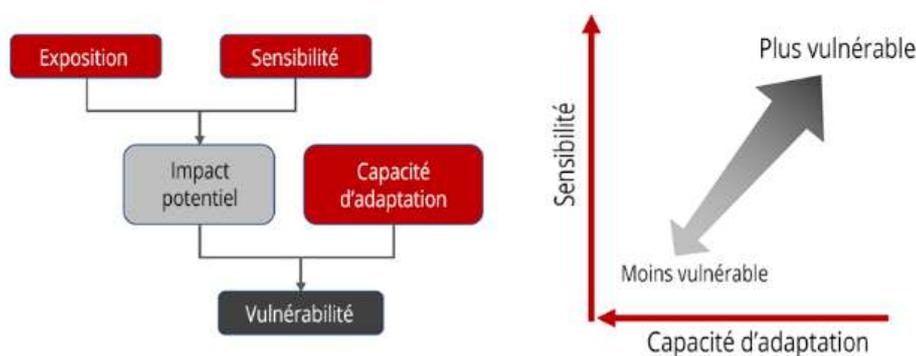
Vulnérabilité de la pêche artisanale

- 18 La vulnérabilité est généralement considérée comme le degré de modification auquel un système est susceptible d'être confronté suite aux effets néfastes d'une perturbation chronique ou stochastique et auquel il ne sera pas capable de faire face (ADGER, 2006). Plusieurs cadres de recherche ont été élaborés pour examiner la vulnérabilité des sociétés face aux changements environnementaux. Ces recherches mesurent

généralement trois dimensions clés de la vulnérabilité (ADGER, 2006 ; CINNER *et al.*, 2012 ; fig. 2a) :

- l'exposition désigne l'ampleur, la fréquence et la durée auxquelles un système est exposé à une perturbation climatique ou environnementale ;
 - la sensibilité est le degré d'effet à partir duquel un système est modifié ou affecté par des perturbations. La sensibilité peut être fortement influencée par le degré de dépendance à l'égard d'une ressource susceptible d'être perturbée (par exemple, un stock de poissons) ;
 - la capacité d'adaptation représente la capacité d'un système à s'adapter aux risques ou aux conditions changeantes, et à élargir la gamme de variabilité à laquelle il peut faire face.
- 19 Plus un processus, une activité ou une communauté est sensible, plus sa capacité d'adaptation est faible et plus elle est vulnérable (fig. 2). Cette vulnérabilité est exacerbée par un niveau d'exposition élevé.

Figure 2. Représentation de la vulnérabilité des communautés côtières en fonction de leur exposition, sensibilité et capacité d'adaptation



Source : CINNER *et al.* (2012)

- 20 Comme l'exposent JOHNSON et WELCH (2009), « les pêcheries marines les plus menacées par le changement climatique sont celles dont les stocks de poissons subiront les impacts écologiques les plus importants en raison de leur forte exposition et de leur sensibilité à l'évolution du climat océanique, dont la résilience est compromise par d'autres pressions (telles que la surexploitation) et dont la capacité d'adaptation est limitée par la dépendance à l'égard des ressources et la faiblesse des économies ». Dans un tel contexte, la « résilience » est comprise comme la capacité du système socio-écologique à absorber les chocs tout en conservant sa fonction, et à se réorganiser après une perturbation (WALKER *et al.*, 2004). À l'échelle globale, la vulnérabilité des pêcheries au changement climatique est très hétérogène (ALLISON *et al.*, 2009). Il apparaît nettement que les pays les plus pauvres sont les plus vulnérables, notamment dans la zone intertropicale. Ces pays associent une importante exposition au changement climatique, sont fortement dépendants des ressources halieutiques et présentent de faibles capacités d'adaptation. En particulier, les nations africaines sont particulièrement vulnérables en raison de leur grande sensibilité, du fait de (1) leur dépendance nutritionnelle vis-à-vis des ressources halieutiques : la pêche fournit un emploi à 10 millions de personnes et constitue une source vitale de protéines pour 200 millions de personnes en Afrique, (2) leur climat semi-aride augmente leur exposition au réchauffement, aux précipitations et aux inondations côtières, et (3) leur

faible capacité pour s'adapter aux changements due à la faiblesse de l'économie et des indices de développement (FAO, 2007a ; JOHNSON et WELCH, 2009 ; LAM *et al.*, 2012).

- 21 Cette vulnérabilité est exacerbée dans le cas de la pêche artisanale (BELHABIB *et al.*, 2016). Cette activité est pratiquée intensivement dans des zones géographiques tropicales fortement exposées au changement climatique (CHEUNG *et al.*, 2009 ; IPCC, 2019). Elle présente une forte dépendance vis-à-vis de la ressource. La pêche artisanale rapporte 5-7 milliards de dollars par an et emploie plus de 12 millions de personnes à l'échelle globale, contre 25-27 milliards de dollars et 0,5 million d'emplois pour la pêche industrielle (JACQUET et PAULY, 2008). La sensibilité de la pêche artisanale au changement climatique est importante, notamment du fait des faibles capitaux disponibles, qui ne permettent pas de faire face à de fortes fluctuations des revenus. Les capacités d'adaptation sont limitées par la petite échelle à laquelle est pratiquée l'activité, les zones de pêche étant souvent localisées à proximité des zones d'habitation du fait d'équipements (bateaux, moteurs) de petite taille. Les pêcheries artisanales sont également fragilisées, car focalisées sur un nombre d'espèces limité, avec de faibles opportunités d'alternatives liées à la culture, aux habitudes alimentaires et aux marchés disponibles (BELHABIB *et al.*, 2016 ; COULTHARD, 2008). Ce phénomène qui incite les pêcheurs à « suivre le poisson » est susceptible d'accroître la vulnérabilité de l'activité en obligeant les pêcheurs à augmenter leurs efforts de pêche et à élargir leur zone de pêche, voire à migrer vers d'autres, plus productives (BELHABIB *et al.*, 2016).
- 22 Le changement climatique représente ainsi un fardeau supplémentaire dans le cas des pêcheries artisanales pratiquées dans des pays au contexte socio-économique peu favorable, en particulier dans la zone intertropicale. Ces contraintes vont en effet s'associer à d'autres sources de vulnérabilité liées aux risques climatiques (par exemple la submersion, la salinisation, les inondations, la sécheresse), qui vont fragiliser la sécurité alimentaire, réduire les moyens de subsistance alternatifs et amplifier les risques sanitaires pour les populations les plus pauvres (ALLISON *et al.*, 2009).

Exemple de la pêche artisanale des coquillages au Sénégal

- 23 L'exploitation des coquillages par les humains dans les écosystèmes côtiers est très ancienne et remonte à plusieurs dizaines de milliers d'années (KLEIN et BIRD, 2016). C'est en particulier le cas en Afrique de l'Ouest, où des amas coquilliers datés de plusieurs milliers d'années résultant de l'accumulation par la pêche sont retrouvés sur les côtes (HARDY *et al.*, 2016 ; KLEIN et BIRD, 2016).
- 24 Au Sénégal, le delta du Sine-Saloum, situé au Centre-Ouest du pays à 150 km au sud de Dakar, accueille une importante activité de pêche artisanale des coquillages. Le delta est classé réserve de biosphère (réserve de biosphère du delta du Saloum, RBDS) depuis 1981, et il est inscrit au Patrimoine mondial de l'humanité depuis 2011, ce qui permet le développement d'actions pour la conservation, le développement et l'appui logistique aux populations. Le delta du Sine-Saloum est une mosaïque de zones humides, de milieux terrestres, lacustres et palustres, ouverte sur l'océan. D'un point de vue écologique, cette zone d'interface présente diverses unités géomorphologiques : vasières à mangroves, tannes, cordons sableux et amas coquilliers.

25 Le delta est à la base d'une activité humaine développée autour de la pêche et de l'agriculture. L'exploitation des coquillages, en particulier de l'arche (*Senilia senilis*), est très ancienne (près de 5 000 ans, HARDY *et al.*, 2016), et fait partie intégrante de la culture et des traditions locales, notamment celles des communautés de femmes (fig. 3). Cette pêche artisanale est très vulnérable au changement climatique, ce qui est favorisé par :

- *une forte exposition* aux impacts du changement climatique. La zone est soumise à une importante aridification depuis quelques dizaines d'années (DESCROIX *et al.*, 2020) ; les apports d'eau douce dans le delta sont réduits et les propriétés hydro-biologiques des eaux modifiées. Le delta du Sine-Saloum est un estuaire inverse naturel, qui ne reçoit de l'eau douce que pendant la saison des moussons et contient de l'eau hyperhaline le reste de l'année en raison de l'évaporation. Le delta étant situé au nord de la zone de développement de la mousson d'Afrique de l'Ouest, cet écosystème est très sensible au régime de mousson associé à la dynamique de la zone de convergence intertropicale (ZCIT) et aux maxima pluviométriques associés (SULTAN et JANICOT, 2003). Conjointement, l'élévation du niveau de la mer provoque une érosion côtière marquée, ce qui a favorisé l'apparition d'une brèche dans les années 1980 et a considérablement modifié la morphologie du delta (DIEYE *et al.*, 2013). Les terres agricoles se salinisent sous l'effet de l'élévation du niveau de la mer, ce qui réduit la production agricole et donc la diversification des activités.
- *une forte sensibilité* : une large majorité des femmes des villages côtiers pratiquent la pêche aux coquillages et dépendent directement de cette activité pour leur subsistance et celle de leurs familles. Par ailleurs, le passage d'une activité vivrière à une activité commerciale a provoqué une surexploitation des stocks, qui sont de ce fait plus sensibles aux effets du changement climatique. Enfin, le nombre d'espèces exploitées est limité, et les tonnages sont principalement liés à une seule espèce, ce qui augmente le degré de dépendance.
- *une capacité d'adaptation limitée* : la surface des zones de pêche disponibles (bancs de sable qui découvrent à marée basse) est limitée ainsi que les capacités de déplacement des femmes. Nombreuses sont celles qui vont pêcher à pied. La méconnaissance du fonctionnement de l'écosystème et de la biologie des espèces exploitées (par ex. niches écologiques, cycles biologiques, dynamique des populations) fragilise également les capacités d'accompagnement des mesures de gestion dans un contexte de stress environnemental.

26 Des leviers d'action pour accroître les capacités d'adaptation des communautés de femmes ont été mis en place. En effet, les femmes sont accompagnées par différents partenaires aux échelles nationale et internationale, afin de promouvoir leurs savoir-faire traditionnels et de les moderniser sur l'ensemble du cycle de transformation, améliorant ainsi la qualité des produits. Cela les positionne comme un modèle de pêche artisanale dans la région ouest-africaine. Par ailleurs, en partenariat avec des chercheurs et des gestionnaires, les femmes ont mis en place des pratiques de gestion pour lutter contre la surexploitation des ressources, telles que le repos biologique pendant l'hivernage, la rotation des sites exploités et la mise en place d'une taille minimale de pêche (DIOUF *et al.*, 2014 ; DIOUF et SARR, 2014). Des actions de repeuplement des vasières et de reboisement de la mangrove ont par ailleurs permis de renforcer la disponibilité des stocks et donc d'améliorer les captures, ce qui contribue *in fine* à pérenniser la sécurité alimentaire des femmes et de leurs familles en disposant de ressources tout en améliorant leurs revenus. L'exploitation artisanale des coquillages par les femmes s'accompagne également de nombreuses autres activités, comme la transformation de ressources naturelles telles que les poissons, les crevettes, les fruits

forestiers ou les céréales. Cette diversification offre aux femmes de nombreux leviers d'action, leur permettant de gérer durablement les ressources marines et ainsi de limiter leur vulnérabilité.

- 27 Malgré l'importante implication des communautés locales, et en particulier des femmes collectrices, les connaissances sur le fonctionnement de l'écosystème et la réponse des espèces marines aux stress restent limitées. Soutenir le développement durable de la pêche repose sur une meilleure compréhension de la réponse des populations d'espèces exploitées aux facteurs biotiques et abiotiques de l'environnement. Cela permettrait d'anticiper la mise en place et l'évaluation des mesures de gestion appropriées. Ces démarches doivent impliquer les acteurs, notamment pour établir un système d'observation à même de fournir des informations sur la dynamique de l'écosystème. La mise en place d'approches participatives et de médiation contribue à sensibiliser les communautés locales aux questions environnementales et renforce leurs capacités d'adaptation au changement climatique.

Figure 3. Pêche artisanale aux coquillages pratiquée par les femmes dans le delta du Sine-Saloum (Sénégal)



A. Collecte des arches (*Senilia senilis*) à marée basse

B. Collecte des arches

C. Amas coquillier du village de Falia, constitué de coquilles d'arches pouvant dater de plusieurs milliers d'années

© IRD/Y. Thomas

Défis d'une PSM impliquant la pêche artisanale

- 28 Pour orienter au mieux les mesures de gestion, il est impératif que les décideurs, les chercheurs et les parties prenantes considèrent conjointement les pressions associées à

la pêche et au changement climatique afin de soutenir les communautés de pêcheurs et accroître leur capacité d'adaptation. Comme le proposent CINNER *et al.* (2018), les voies d'amélioration des capacités d'adaptation des communautés de pêcheurs artisanaux au changement climatique peuvent être identifiées selon cinq domaines fortement interconnectés (*sensu* CINNER *et al.*, 2018) :

- *les actifs*, qui reposent sur les ressources disponibles pour les personnes, telles que les ressources financières (par exemple, l'épargne ou le crédit), technologiques (par exemple, les engins de pêche) et les services (par exemple, les soins de santé) ;
 - *la flexibilité*, qui reflète la capacité à saisir la diversité des options d'adaptation potentielles disponibles (par exemple, changer de stratégie de pêche, de lieu de pêche ou même de secteur professionnel) ;
 - *l'organisation sociale*, qui est associée aux relations formelles et informelles entre les individus, les communautés et les organisations, et qui fournit un soutien social et un accès aux connaissances et aux ressources (par exemple, le renforcement des réseaux, la création d'arènes d'interaction) ;
 - *l'apprentissage*, qui implique la capacité de générer, de s'approprier et de traiter de nouvelles informations sur le changement climatique, les options d'adaptation et les moyens de vivre avec l'incertitude et de la gérer (par exemple, connaître de nouvelles zones de pêche, de nouveaux engins, de nouveaux modèles météorologiques, de nouvelles technologies, de nouvelles espèces) ;
 - *l'action*, qui fait référence à la capacité des personnes – individuellement ou collectivement – à avoir le libre choix de répondre aux changements environnementaux (par exemple, prendre en compte les connaissances, les compétences et la gestion locales à la fois dans la science et la politique et accroître les processus participatifs).
- 29 Compte tenu de ce cadre conceptuel et des multiples voies par lesquelles le changement climatique a un impact sur les pêcheries artisanales, la réduction de la vulnérabilité passe d'abord par une réduction de l'exposition aux stress associés au changement climatique. Le principal – et peut-être le seul – levier pour les communautés est d'éviter la surpêche, qui conduit à la fragilité des espèces et augmente les conséquences des stress environnementaux (BRANDER, 2007 ; PERRY *et al.*, 2010). Cela nécessite de renforcer les connaissances pour mieux évaluer la production des espèces à l'échelle locale, régionale et mondiale. L'amélioration de notre capacité à modéliser les processus à l'échelle locale en intégrant la variabilité interannuelle, décennale (régionale) et le changement climatique mondial sera essentielle pour fournir des informations pertinentes pour la gestion des pêches et la planification adaptative. Cela se fera principalement par l'amélioration de la capacité d'observation pour fournir des informations sur l'état actuel et les tendances à court et moyen termes. Il s'agit d'un élément fondamental pour évaluer les progrès vers les objectifs de gestion (WEIGEL *et al.*, 2018). Les systèmes d'observation fournissent également des mesures pour valider et évaluer la sensibilité des modèles prédictifs et pour ajuster la structure des modèles existants. Le renforcement de ces systèmes d'observation doit être envisagé sous l'angle de l'appropriation par la communauté et du partage des connaissances. Dans ce contexte, les approches de science ouverte et de développement à faible coût sont des éléments fondamentaux dans lesquels ces dynamiques doivent se construire.
- 30 Pour mieux comprendre les interactions entre les processus écologiques et les usages, il est indispensable de mettre en œuvre une approche interdisciplinaire, associant sciences naturelles et sciences humaines. Cela nécessite d'intégrer les savoirs locaux

indigènes et d'impliquer les acteurs dans les démarches d'élaboration et de mise en œuvre des plans de suivi et de gestion. Les communautés qui montrent une forte capacité d'auto-organisation réduisent leur vulnérabilité au changement climatique, comme c'est le cas dans certains villages du Sine-Saloum grâce à la modernisation, la diversification des activités et la gestion des ressources ; cela a été également montré dans d'autres exemples de pêche artisanale dans le monde (KALIKOSKI *et al.*, 2010). Cette auto-organisation semble difficile à généraliser en raison des spécificités des communautés locales. Un élément primordial pour réduire la vulnérabilité des pêcheries artisanales réside dans la mise en place de politiques publiques et d'institutions pour la gouvernance des ressources afin de renforcer la capacité d'adaptation (KALIKOSKI *et al.*, 2010).

- 31 Les mesures de gestion, ainsi que la recherche en appui de cette gestion, doivent être adaptées à la diversité des échelles spatiales et temporelles auxquelles se produisent les effets combinés du changement climatique et de l'exploitation des ressources naturelles. Conjointement, les impacts du changement climatique sont susceptibles d'exacerber la variabilité existante des conditions climatiques, à la fois en termes de fréquence et d'ampleur, et donc d'augmenter l'incertitude, ce qui nécessitera une plus grande flexibilité des mesures de gestion pour soutenir les pêcheries. Enfin, l'analyse de la vulnérabilité doit passer de l'échelle mondiale à une échelle plus locale et intégrer la diversité des revenus et/ou des niveaux de pauvreté des populations nationales pour pouvoir proposer une planification adaptative appropriée à l'échelle nationale et locale (ALLISON *et al.*, 2009). En effet, face aux défis posés par les contraintes liées au changement climatique, qui s'ajoutent aux défis de l'aménagement du territoire, il est essentiel que les pêcheries artisanales soient correctement prises en compte dans leur diversité et avec leurs spécificités (COHEN *et al.*, 2019).

BIBLIOGRAPHIE

ADGER W. N., 2006

Vulnerability. *Global Environmental Change*, 16 (3) : 268-281.

AGUIRRE-VELARDE A., JEAN F., THOUZEAU G., FLYE-SAINTE-MARIE J., 2018

Feeding behaviour and growth of the Peruvian scallop (*Argopecten purpuratus*) under daily cyclic hypoxia conditions. *Journal of Sea Research*, 131 : 85-94.

ALBOUY C., VELEZ L., COLL M., COLLOCA F., LE LOC'H F., MOUILLOT D., GRAVEL D., 2014

From projected species distribution to food-web structure under climate change. *Global Change Biology*, 20 (3) : 730-741.

ALLISON E., ADGER W., BADJECK M., BROWN K., CONWAY D., DULVY N., HALLS A., PERRY A., REYNOLDS J., 2005

Effects of climate change on the sustainability of capture and enhancement fisheries important to the poor: analysis of the vulnerability and adaptability of fisherfolk living in poverty. Final Technical Report. Marine Resources Assessment Group, London, UK, 169 p. <https://www.semanticscholar.org/>

paper/Effects-of-climate-change-on-the-sustainability-of-Allison-Adger/
5bced30204f6629262131c022b163787229a9e00

ALLISON E. H., PERRY A. L., BADJECK M.-C., ADGER W. N., BROWN K., CONWAY D., HALLS A. S., PILLING G. M., REYNOLDS J. D., ANDREW N. L., DULVY N. K., 2009

Vulnerability of national economies to the impacts of climate change on fisheries. *Fish and Fisheries*, 10 (2) : 173-196.

ALLISON E. H., BEVERIDGE M. C. M., VAN BRAKEL M. L., 2019

« Climate change, small-scale fisheries and smallholder aquaculture ». In Wrammer P., Culberg M., Ackefors H. (eds) : *Fisheries, sustainability and development*, Royal Swedish Academy of Agriculture and Forestry : 109-122.

ANDERSEN S., GREFSRUD E. S., HARBOE T., 2013

Effect of increased pCO₂ on early shell development in great scallop (*Pecten maximus* Lamarck) larvae. *Biogeosciences Discussions*, 10 (2) : 3281-3310.

BADJECK M.-C., ALLISON E. H., HALLS A. S., DULVY, N. K., 2010

Impacts of climate variability and change on fishery-based livelihoods. *Marine Policy*, 34 (3) : 375-383.

BEAUGRAND G., KIRBY R. R., 2018

How do marine pelagic species respond to climate change? Theories and observations. *Annual Review of Marine Science*, 10 (1) : 169-197.

BELHABIB D., LAM V. W. Y., CHEUNG, W. W. L., 2016

Overview of West African fisheries under climate change: impacts, vulnerabilities and adaptive responses of the artisanal and industrial sectors. *Marine Policy*, 71 : 15-28.

BRANDER K. M., 2007

Global fish production and climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104 (50) : 19709-19714.

BRANDER K. M., 2010

Impacts of climate change on fisheries. Impact of climate variability on marine ecosystems: a comparative approach. *Journal of Marine Systems*, 79 (3-4) : 389-402.

BURGE C. A., MARK EAKIN C., FRIEDMAN C. S., FROELICH B., HERSHBERGER P. K., HOFMANN E. E., PETES L. E., PRAGER K. C., WEIL E., WILLIS B. L., FORD S. E., HARVELL C. D., 2014

Climate change influences on marine infectious diseases: implications for management and society. *Annual Review of Marine Science*, 6 (1) : 249-277.

BYRNE M., 2012

Global change ecotoxicology: identification of early life history bottlenecks in marine invertebrates, variable species responses and variable experimental approaches. *Marine Environmental Research*, 76 : 3-15.

CHEUNG W. W. L., LAM V. W. Y., SARMIENTO J. L., KEARNEY K., WATSON R., ZELLER D., PAULY D., 2009

Large-scale redistribution of maximum fisheries catch potential in the global ocean under climate change. *Global Change Biology*, 16 (1) : 24-35.

CINNER J. E., MCCLANAHAN T. R., GRAHAM N. A. J., DAWC T. M., MAINA J., STEAD S. M., WAMUKOTA A., BROWN K., BODIN Ö., 2012

Vulnerability of coastal communities to key impacts of climate change on coral reef fisheries. *Global Environmental Change*, 22 (1) : 12-20.

CINNER J. E., ADGER W. N., ALLISON E. H., BARNES M. L., BROWN K., COHEN P. J., GELCICH S., HICKS C. C., HUGHES T. P., LAU J., MARSHALL N. A., MORRISON T. H., 2018

Building adaptive capacity to climate change in tropical coastal communities. *Nature Climate Change*, 8 (2) : 117-123.

COHEN P. J., ALLISON E. H., ANDREW N. L., CINNER J., EVANS L. S., FABINYI M., GARCES L. R., HALL S. J., HICKS C. C., HUGHES T. P., JENTOFT S., MILLS D. J., MASU R., MBARU E. K., RATNER B. D., 2019

Securing a just space for small-scale fisheries in the blue economy. *Frontiers in Marine Science*, 6 (171).

COULTHARD S., 2008

Adapting to environmental change in artisanal fisheries. Insights from a South Indian Lagoon. *Global Environmental Change*, 18 (3) : 479-489.

COWEN R. K., GAWARKIEWICZ G., PINEDA J., THORROLD S. R., WERNER F. E., 2007

Population connectivity in marine systems: an overview. *Oceanography*, 20 (3) : 14-21.

COWEN R. K., SPONAUGLE S., 2009

Larval dispersal and marine population connectivity. *Annual Review of Marine Science*, 1 (1) : 443-466.

DESCROIX L., SANÉ Y., THIOR M., MANGA S.-P., BA B. D., MINGOU J., MENDY V., COLY S., DIÈYE A., BADIANE A., SENGHOR M.-J., DIEDHIOU A.-B., SOW D., BOUAITA Y., SOUMARÉ S., DIOP A., FATY B., SOW B. A., MACHU E., MONTOROI J.-P., ANDRIEU J., VANDERVAERE J.-P., 2020

Inverse estuaries in West Africa: evidence of the rainfall recovery? *Water*, 12 (3) : 647.

DIAZ R. J., ROSENBERG R., 2008

Spreading dead zones and consequences for marine ecosystems. *Science*, 321 (5891) : 926-929.

DIEYE E. H. B., DIAW A. T., SANÉ T., NDOUR N., 2013

Dynamique de la mangrove de l'estuaire du Saloum (Sénégal) entre 1972 et 2010. *Cybergeo : European Journal of Geography*, 629.

DIOUF M., ALLAIN G., SARR A., CADOT N., 2014

Guide de suivi participatif des coquillages exploités en Afrique de l'Ouest. Fiba, FFEM, AFD, 48 p.

DIOUF M., SARR A., 2014

Renforcement de la résilience climatique des communautés et en particulier pour les regroupements de femmes des villages de Dionewar, Niodior et Falia dans le delta du Saloum au Sénégal. Projet EFA, rapport final, Ucad, IUPA.

DONEY S. C., RUCKELSHAUS M., EMMETT DUFFY J., BARRY J. P., CHAN F., ENGLISH C. A., GALINDO H. M.,

GREBMEIER J. M., HOLLOWED A. B., KNOWLTON N., POLOVINA J., RABALAIS N. N., SYDEMAN W. J., TALLEY L. D.,

2012

Climate change impacts on marine ecosystems. *Annual Review of Marine Science*, 4 (1) : 11-37.

EDWARDS M., RICHARDSON A. J., 2004

Impact of climate change on marine pelagic phenology and trophic mismatch. *Nature*, 430 (7002) : 881-884.

FAO, 2007a

Adaptation to climate change in agriculture, forestry and fisheries: perspective, framework and priorities. Interdepartmental Working Group on Climate Change, Rome, United Nations Report, 32.

FAO, 2007b

Building adaptive capacity to climate change. Policies to sustain livelihoods and Fisheries. New Directions

in Fisheries-A Series of Policy Briefs on Development Issues no. 8. Sustainable Fisheries Livelihoods Programme, FAO, Rome.

FLEURY E., BARBIER P., PETTON B., NORMAND J., THOMAS Y., POUVREAU S., DAIGLE G., PERNET F., 2020
Latitudinal drivers of oyster mortality: deciphering host, pathogen and environmental risk factors. *Scientific Reports*, 10 (1) : 1-12.

FOGARTY M. J., BOTSFORD L. W., 2007
Population connectivity and spatial management of marine fisheries. *Oceanography*, 20 (3) : 112-123.

FRIELER K., MEINSHAUSEN M., GOLLY A., MENGEL M., LEBEK K., DONNER S. D., HOEGH-GULDBERG O., 2013
Limiting global warming to 2°C is unlikely to save most coral reefs. *Nature Climate Change*, 3 (2) : 165-170.

GALLOPIN G. C., GUTMAN P., MALETTA H., 1989
Global impoverishment, sustainable development and the environment: a conceptual approach [Working Paper]. <https://idl-bnc-idrc.dspace.direct.org/handle/10625/26884>

HARDY K., CAMARA A., PIQUÉ R., DIOH E., GUÈYE M., DIADHIOU H. D., FAYE M., CARRÉ M., 2016
Shellfishing and shell midden construction in the Saloum Delta, Senegal. *Journal of Anthropological Archaeology*, 41 : 19-32.

IPCC, 2001

Climate change 2001: impacts, adaptation, and vulnerability. Contribution of Working Group II to the third assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, McCarthy J. J., Canziani O. F., Leary N. A., Dokken D. J. and White K. S. (eds), 1032 p.

IPCC, 2014

Climate change 2014: synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Pachauri R. K. and Meyer L. A. (eds), IPCC, Geneva, Switzerland, 151 p.

IPCC, 2019

Special report on the ocean and cryosphere in a changing climate. Pörtner H.-O., Roberts D. C., Masson-Delmotte V., Zhai P., Tignor M., Poloczanska E., Mintenbeck K., Alegría A., Nicolai M., Okem A., Petzold J., Rama B., Weyer N. M. (eds), IPCC, Geneva, Switzerland.

JACQUET J., PAULY D., 2008

Funding priorities: big barriers to small-scale fisheries. *Conservation Biology*, 22 (4) : 832-835.

JOHNSON J. E., WELCH D. J., 2009

Marine fisheries management in a changing climate: a review of vulnerability and future options. *Reviews in Fisheries Science*, 18 (1) : 106-124.

KALIKOSKI D. C., QUEVEDO NETO P., ALMUDI T., 2010

Building adaptive capacity to climate variability: the case of artisanal fisheries in the estuary of the Patos Lagoon, Brazil. *Marine Policy*, 34 (4) : 742-751.

KING N. G., WILMES S. B., SMYTH D., TINKER J., ROBINS P. E., THORPE J., JONES L., MALHAM S. K., 2021

Climate change accelerates range expansion of the invasive non-native species, the Pacific oyster, *Crassostrea gigas*. *ICES Journal of Marine Science*, 78 (1) : 70-81.

KLEIN R. G., BIRD D. W., 2016

Shellfishing and human evolution. *Journal of Anthropological Archaeology*, 44 : 198-205.

KRUECK N. C., AHMADIA G. N., GREEN A., JONES G. P., POSSINGHAM H. P., RIGINOS C., TREML E. A., MUMBY P. J., 2017

Incorporating larval dispersal into MPA design for both conservation and fisheries. *Ecological Applications*, 27 (3) : 925-941.

Lam V. W. Y., Cheung W. W. L., Swartz W., Sumaila U. R., 2012

Climate change impacts on fisheries in West Africa: implications for economic, food and nutritional security. *African Journal of Marine Science*, 34 (1) : 103-117.

LAVAUD R., THOMAS Y., PECQUERIE L., BENOÎT H. P., GUYONDET T., FLYE-SAINTE-MARIE J., CHABOT D., 2019

Modeling the impact of hypoxia on the energy budget of Atlantic cod in two populations of the Gulf of Saint-Lawrence, Canada. *Ecosystem Based Management and the Biosphere: A New Phase in DEB Research*, 143 : 243-253.

LEHODEY P., ALHEIT J., BARANGE M., BAUMGARTNER T., BEAUGRAND G., DRINKWATER K., FROMENTIN J.-M.,

HARE S. R., OTTERSEN G., PERRY R. I., ROY C., VAN DER LINGEN C. D., WERNER F., 2006

Climate variability, fish, and fisheries. *Journal of Climate*, 19 (20) : 5009-5030.

LYNE V. D., KLAER N. L., YEARSLEY G., 2003

Economic analysis of identified impacts of climate change: marine impacts. Report prepared by CSIRO Marine Research for the Australian Greenhouse Office, Hobart, Australia. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S096098229770976X>

MAGRIS R. A., PRESSEY R. L., WEEKS R., BAN N. C., 2014

Integrating connectivity and climate change into marine conservation planning. *Biological Conservation*, 170 : 207-221.

PERRY R. I., CURY P., BRANDER K., JENNINGS S., MÖLLMANN C., PLANQUE B., 2010

Sensitivity of marine systems to climate and fishing: concepts, issues and management responses. *Impact of Climate Variability on Marine Ecosystems: A Comparative Approach*, 79 (3-4) : 427-435.

PINSKY M. L., REYGONDEAU G., CADDELL R., PALACIOS-ABRANTES J., SPIJKERS J., CHEUNG W. W. L., 2018

Preparing ocean governance for species on the move. *Science*, 360 (6394) : 1189.

Poloczanska E. S., Hawkins S. J., Southward A. J., Burrows M. T., 2008

Modeling the response of populations of competing species to climate change. *Ecology*, 89 (11) : 3138-3149.

PÖRTNER H. O., 2002

Climate variations and the physiological basis of temperature dependent biogeography: Systemic to molecular hierarchy of thermal tolerance in animals. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 132 (4) : 739-761.

PÖRTNER H.-O., BOCK C., MARK F. C., 2017

Oxygen- and capacity-limited thermal tolerance: Bridging ecology and physiology. *The Journal of Experimental Biology*, 220 (15) : 2685.

RÉGNIER T., GIBB F. M., WRIGHT P. J., 2019

Understanding temperature effects on recruitment in the context of trophic mismatch. *Scientific Reports*, 9 (1) : 15179.

RIUS M., CLUSELLA-TRULLAS S., MCQUAID C. D., NAVARRO R. A., GRIFFITHS C. L., MATTHEE C. A., VON DER

HEYDEN S., TURON X., 2014

Range expansions across ecoregions: interactions of climate change, physiology and genetic diversity. *Global Ecology and Biogeography*, 23 (1) : 76-88.

RUIZ G. M., CARLTON J. T., GROSHOLZ E. D., HINES A. H., 1997

Global invasions of marine and estuarine habitats by non-indigenous species: mechanisms, extent, and consequences. *American Zoologist*, 37 (6) : 621-632.

SCHRANK W. E., 2007

The Acia, climate change and fisheries. *Marine Policy*, 31 (1) : 5-18.

STACHOWICZ J. J., TERWIN J. R., WHITLATCH R. B., OSMAN R. W., 2002

Linking climate change and biological invasions: ocean warming facilitates nonindigenous species invasions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99 (24) : 15497-15500.

SULTAN B., JANICOT S., 2003

The West African monsoon dynamics. Part II: The “preonset” and “onset” of the summer monsoon. *Journal of Climate*, 16 (21) : 3407-3427.

SUSSARELLU R., SUQUET M., THOMAS Y., LAMBERT C., FABIoux C., PERNET M. E. J., LE GOÏC N., QUILLIEN V., MINGANT C., EPELBOIN Y., CORPOREAU C., GUYOMARCH J., ROBBENS J., PAUL-PONT I., SOUDANT P., HUVET A., 2016

Oyster reproduction is affected by exposure to polystyrene microplastics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113 (9) : 2430-2435.

THOMAS Y., POUVREAU S., ALUNNO-BRUSCIA M., 2016

Global change and climate-driven invasion of the Pacific oyster (*Crassostrea gigas*) along European coasts: a bioenergetics modelling approach. *Journal of Biogeography*, 43 (3) : 568-579.

THOMAS Y., CASSOU C., GERNEZ P., POUVREAU S., 2018

Oysters as sentinels of climate variability and climate change in coastal ecosystems. *Environmental Research Letters*, 13 (10) : 104009.

THOMAS Y., FLYE-SAINTE-MARIE J., CHABOT D., BARILLÉ L., GOHIN F., BRYÈRE P., GERNEZ P., 2019

Effects of hypoxia on metabolic functions in marine organisms: observed patterns and modelling assumptions within the context of dynamic energy budget (DEB) theory. *Journal of Sea Research*, 143 : 231-242.

WALKER B., HOLLING C. S., CARPENTER S. R., KINZIG, A., 2004

Resilience, adaptability and transformability in social-ecological systems. *Ecology and Society*, 9 (2).

WEIGEL J. Y., MORAND P., CHARPIN A., SADIO, O., 2018

Impact assessment of a marine and coastal protected area on fishing households through a counterfactual approach. A Senegalese case study (West Africa). *Ocean & Coastal Management*, 155 : 113-125.

WILCOX C., VAN SEBILLE E., HARDESTY B. D., 2015

Threat of plastic pollution to seabirds is global, pervasive, and increasing. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112 (38) : 11899.

AUTEURS

YOANN THOMAS

Écologue marin, Lemar, IRD, France.

MALICK DIOUF

Biologiste marin, Ucad, Sénégal.

**Partie II. La planification spatiale
marine dans l'Atlantique tropical.
Enjeux locaux, étatiques et
internationaux**

Chapitre 7. Outils juridiques de gestion de la zone côtière brésilienne

Une base pour la planification spatiale marine nationale ?

Katiuscia Da Silva Leite Noury et Florence Galletti

- 1 La planification spatiale marine (PSM) est un processus récent au Brésil. La gestion administrative d'espaces à l'intersection du territoire continental et de l'océan lointain s'est faite selon deux angles. En effet, l'État fédéral a fait appel (1) au droit international de la mer pour les espaces maritimes les plus vastes situés à l'écart de sa côte, et (2) au droit de l'environnement, ou à un droit « pour le littoral », qui se concentre sur des espaces restreints inclus dans une bande terrestre jouxtant le rivage nommée paradoxalement *costeira* (côtière) par la législation. Cette bande pénètre plus ou moins dans les terres (jusqu'à 50 km) et serpente en suivant les limites administratives de la municipalité littorale où l'on se situe. Un troisième espace serait la zone côtière géographique, intercalée entre cette bande terrestre littorale et les espaces marins distants de la côte. Cette zone côtière géographique n'est pas traitée comme une continuité ou un ensemble. Seule une portion intéresse les pouvoirs publics : celle nommée légalement « bande maritime » dont la largeur ne dépasse pas celle de la « mer territoriale ».
- 2 Depuis 2013, il existe une volonté des gouvernants et institutions de s'orienter vers la PSM, du trait de côte jusqu'à la limite extérieure de la zone des eaux sous juridiction (c'est-à-dire la limite de la zone économique exclusive, ZEE). La PSM n'est pas encore validée sur le plan législatif et le texte qui la mentionne n'est donc pas applicable. S'il le devient, la question des modalités techniques, scientifiques et juridiques de la PSM se posera ; il sera également nécessaire de savoir si les instruments juridiques de la gestion actuelle de la zone côtière brésilienne peuvent servir de base à la PSM.
- 3 La première partie de ce chapitre expose l'existant juridique qui engendre la prédominance de la planification terrestre et littorale. Au Brésil, la gestion juridique de la côte se concentre sur le « littoral ». Elle offre une série d'expériences aux

administrateurs d'une PSM future. Ce système actuel de gestion littorale est relativement lourd du fait de la multiplicité des institutions concernées à différentes échelles, de la répartition complexe des compétences (au moins tripartite), et de l'habitude ancrée de la planification terrestre. Même les zonages d'aires marines protégées – prémisses de la PSM – n'ont pas réussi à contrebalancer cette habitude. Pourtant, l'importance des eaux et des fonds marins brésiliens, de ce qu'ils recèlent, des services écologiques et économiques qu'ils rendent, nécessiterait de débiter une planification spatiale sur une « bande maritime » bien plus large, non partielle¹ et plus systémique. Quant à sa faisabilité, arrimer cette PSM à la gestion du littoral est possible. Puis, dans une seconde partie, ce chapitre présente les conditions nécessaires à cette opération, en rappelant (1) que dès que l'on bascule vers la portion maritime, le schéma des institutions compétentes se modifie et (2) qu'une orientation écologique de la PSM – afin de maintenir les écosystèmes tropicaux présents et leurs fonctions écologiques – se confronte inévitablement à d'autres options d'aménagement du territoire maritime national. Le système de planification territoriale du Brésil décrit n'est toutefois pas figé et peut évoluer.

Gestion juridique de la côte : une action concentrée sur le « littoral »

- 4 La position du Brésil, dominante, est souvent commentée pour son couvert forestier, mais elle l'est aussi par sa bande côtière, tout aussi imposante, d'environ 10 800 km ; cette estimation peut varier selon les méthodes de calcul². Alors que 40 % de la superficie du territoire brésilien a une altitude inférieure à 200 m, littoralisation et artificialisation augmentent du fait d'une démographie galopante, avec une population qui est passée en soixante ans de 60 à 200 millions d'habitants.
- 5 La zone côtière (*costeira*) représente moins de 4,1 % du territoire terrestre national (8,5 millions de km²), et on estime qu'elle concentre 24,6 % de la population³ (190 732 694 habitants selon le dernier recensement de 2010), avec une urbanisation qui a augmenté de 45 à 85 % entre 1960 et 2010⁴. Au-delà d'une attention publique très affichée, peut-on identifier – dans les systèmes de décision – une vraie action publique sur cet espace, accompagnée d'un arsenal législatif et réglementaire, apte à remplir l'obligation de planifier son occupation par les hommes et leurs activités ?
- 6 Les règles de démarcation entre les parties maritime et côtière ont été édictées dès l'Indépendance. L'effort administratif de planification s'est davantage concentré sur le linéaire côtier et sa portion terrestre, que sur les eaux marines. En effet, le linéaire côtier a vu s'enchaîner différents instruments de planification littorale, mais l'acte (juridique) de planifier y est contraint par de complexes répartitions de compétences littorales entre institutions.
- 7 Néanmoins, des leçons peuvent être tirées des expériences de gestion d'écosystèmes et d'espèces, vulnérables ou protégés, et inféodés aux littoraux, notamment grâce à la consolidation du droit de l'environnement et de règles juridiques dédiées aux écosystèmes présents sur le littoral, sur les petits fonds, ou dans la colonne d'eau proche du rivage. Cette gestion, plutôt orientée vers les ressources naturelles, offre des préalables et des instruments, qui pourront bénéficier à de futures PSM.

- 8 L'ampleur de l'exercice administratif est considérable : la *zona costeira* englobe l'une des plus longues bandes côtières du continent. Elle recèle une diversité biologique d'écosystèmes tropicaux (mangroves côtières, bancs de sable, dunes, estuaires, récifs coralliens, entre autres) avec 92 % du territoire en zone intertropicale. Elle est formée de 17 États fédérés côtiers depuis l'Amapá jusqu'à Rio Grande Do Sul, abrite 13 des 27 capitales brésiliennes, et inclut plus de 400 municipalités. Une grande partie de la population y réside annuellement ou épisodiquement ; des activités aménagées ou informelles y sont implantées, et sont considérées comme soutenant le développement national ou local (ports de commerce, industries littorales et offshore, pêches artisanales et industrielles, tourisme balnéaire, immobilier littoral). Afin de protéger l'environnement côtier et marin de la surexploitation des ressources naturelles et des risques de dégradation, dès les années 1980, la Constitution fédérale brésilienne (5 octobre 1988) a prévu dans son chapitre VI (art. 225) que « tous ont droit à un environnement écologiquement équilibré », le corollaire étant le devoir de protéger l'environnement ; elle cite également au paragraphe 4 de cet article 225 que la *zona costeira* est un « patrimoine national »⁵. Le système juridique brésilien a été plusieurs fois modifié par des lois, décrets et instruments orientés sur l'espace du littoral, en tant qu'espace à réguler.

L'enchaînement des instruments de planification littorale

- 9 L'administration du littoral (espace territorial) est inscrite dans la loi n° 7 661 du 16 mai 1988⁶, qui institue le Plan national de gestion du littoral (PNGC) qui est partie intégrante de deux politiques déjà anciennes : la Politique nationale de l'environnement (PNMA) avec la loi n° 6 938 de 1981 dite « loi de la politique nationale de l'environnement »⁷, et la Politique nationale pour les ressources de la mer (PNRM)⁸ du décret du 12 mai 1980. La loi du 16 mai 1988 précise que le PNGC doit être décliné avec précision dans un document spécifique sous l'égide de la Commission interministérielle des ressources de la mer (CIRM). Il doit orienter (1) les modalités de gestion des ressources dans la zone côtière de manière rationnelle, (2) les moyens de protection de l'environnement et (3) les compétences pour la gestion de cet espace qui n'est plus considéré comme ordinaire. Le PNGC est beaucoup plus littoral que côtier.
- 10 Une première version du PNGC (PNGC I) a été présentée en novembre 1990, et la seconde a été approuvée en 1997, sous la forme de la résolution 005 du CIRM du 3 décembre 1997, après approbation lors de la 48^e réunion ordinaire du Conseil national sur l'environnement (CONAMA). Cette nouvelle version du PNGC (PNGC II), toujours en vigueur, a été publiée au décret n° 5 300 du 7 décembre 2004⁹ qui, selon la formule officielle employée au Brésil, « réglemente » la loi n° 7 661 du 16 mai 1988 de gestion côtière. Ce décret de 2004, très important, établit des règles d'utilisation et d'occupation de la zone côtière et fixe des critères pour la gestion du littoral. Il a doté le pays de neuf instruments de nature différente, parmi lesquels quatre portent l'appellation de « plan » :
- le Plan de gestion du littoral national (PNGC) regroupe l'ensemble de lignes directrices applicables aux différents niveaux de gouvernement et d'échelles d'action, orientant la mise en œuvre des politiques de développement durable de la zone côtière ;

- le Plan d'action fédéral de la zone côtière (PAF) planifie l'intégration des politiques publiques ayant une incidence sur la zone côtière et identifie les responsabilités partagées pour l'action ;
 - le Plan étatique de gestion des zones côtières (PEGC) met en œuvre la politique étatique de gestion de la zone côtière, définit les responsabilités et les procédures institutionnelles pour son exécution, sur la base du PNGC ;
 - Le Plan municipal de gestion des zones côtières (PMGC) met en œuvre la politique municipale de gestion des zones côtières, définit les responsabilités et les procédures institutionnelles pour son exécution, sur la base du PNGC et du PEGC, et se réfère également à d'autres plans d'utilisation et d'occupation territoriale au niveau municipal.
- 11 Concernant le processus de planification (au sens de rédaction d'un plan d'actions planifiées), une délibération du Groupe d'intégration de la gestion côtière (GI-Gerco) a abouti à un Plan d'action fédéral pour la zone côtière (PAF-ZC). Révisé périodiquement, il fait partie des instruments du PNGC.
- 12 Le 4^e Plan d'action fédéral pour la zone côtière (PAF-ZC, 2017-2019)¹⁰ est en cours ; il a été approuvé par la résolution CIRM n° 02/2017, lors de la 58^e session du GI-Gerco du 18 octobre 2017. Il comporte concrètement 17 actions, débattues depuis 2017 (encadré 1).

Encadré 1. Les 17 actions du Plan d'action fédéral pour la zone côtière

- A1. Plan d'action brésilien pour lutter contre les déchets en mer
- A2. Macro-diagnostic de la zone côtière brésilienne
- A3. Développement d'une méthodologie pour l'intégration des altimétries terre et mer - Action : réunion nationale de gestion du littoral
- A4. Programme national de conservation du littoral brésilien : conception, formalisation et diffusion
- A5. Prévention, contrôle et surveillance socio-environnementale dans les ports du Brésil
- A6. Élaboration d'une méthodologie d'évaluation des plans de gestion intégrée du Secretária de Patrimônio da União
- A7. Promotion de formations axées sur le domaine côtier
- A8. Intégration et l'articulation du projet Orla avec les plans directeurs municipaux
- A9. Augmentation du nombre d'États fédérés disposant au Brésil de leurs PEGC
- A10. Identification et diffusion de bonnes pratiques développées par le G17 (Sous-groupe sur l'intégration des États côtiers) et les communes liées à la gestion de la zone fluviale, côtière, marine et estuarienne
- A11. Identification des États n'ayant pas institué de zonage écologique et économique côtier et surveillance de la préparation et de la mise en œuvre, visant à renforcer le PNGC
- A12. Évaluation d'actions efficaces des comités du front de mer et des plans de gestion intégrée, compte tenu des changements récents de la loi n° 13 240/2015
- A13. Réglementation de la circulation des véhicules motorisés et des navires sur les plages
- A14. Contribution à la mise en œuvre de l'objectif de développement durable « vie sous-marine » (ODD 14) au Brésil
- A15. Contribution à l'approbation et à la mise en œuvre des actions présentes

dans le projet de loi 6 969/2013

- A16. Élaboration d'une étude de cas régional de gouvernance côtière-marine intégrée pour l'écosystème de Babitonga (État de Santa Catarina)
- A17. Promotion des actions de diffusion et mise en œuvre de la loi 12 340/15 et sa réglementation sur le transfert de gestion de plage aux villes et aux municipalités

- 13 Ces actions regroupent des instruments de cadrage et des instruments méthodologiques. Des actions sont plus avancées que d'autres, toutes sont soumises à de multiples répartitions de compétences.

Un exercice de planification complexe

- 14 La planification brésilienne respecte une répartition des compétences entre trois niveaux d'institutions (tripartition institutionnelle). Le système de gestion territoriale d'un État fédéral tel que le Brésil est différent de celui d'un État unitaire, avec, *a minima*, des compétences partagées entre l'Union fédérale, les États fédérés, et les municipalités. L'article 21 de la Constitution fédérale confère à l'Union la compétence législative pour l'élaboration des plans nationaux et régionaux du territoire national. Les instruments de planification disponibles ont ainsi des origines différentes :
- fédérale, pour le PNGC ;
 - étatique, avec le PEGC ;
 - municipale, avec le PMGC.
- 15 Citons également le plan de gestion intégrée du littoral (PGI). Pour cet espace territorial spécifique nommé « *orla* » (équivalent à la frange du rivage ou même à l'estran), la rédaction du document implique des agents exécutifs issus de ces trois niveaux de gouvernance, et assistés par des représentants de la société civile. Les PGI, dont l'objectif est d'augmenter la qualité de la gestion des plages, concernent les territoires de la municipalité et constituent un schéma stratégique accepté à l'échelle locale.
- 16 Pour un thème donné, la planification brésilienne assigne des compétences matérielles, soit à une institution exclusive, soit à plusieurs. Il existe ainsi la compétence exclusive de l'Union, la compétence commune ou supplétive, ou la compétence concurrente (articles 22, 23 et 24 de la Constitution fédérale de 1988¹¹). La rédaction d'actes comme le PGI est une illustration de cette intrication.
- 17 Du fait de cette complexité de répartition des compétences, le cadre juridique brésilien est parfois considéré comme une limite institutionnelle et normative à une planification efficace de la *zona costeira*, voire de la bande maritime.
- 18 Sur la portion littorale, la difficulté liée à cette répartition complexe est peut-être moins importante lors de la phase de conception des actions. Elle l'est beaucoup plus lors de la phase d'identification des atteintes aux écosystèmes, ou d'identification des constructions urbaines générant des dégradations partielles ou totales de la côte. En effet, les preuves de dégradation des environnements biologiques et physiques du territoire font naître des conflits de compétences trop intriquées, ou trop nombreuses, entre autorités, au point que les règles créées pour sanctionner ces dégradations et nuisances ne peuvent plus être appliquées par ces mêmes autorités¹² et qu'il n'est plus possible d'identifier quelles sont les autorités lésées par ces agissements, ni comment leur permettre d'agir juridiquement pour lutter contre. C'est le problème de la

reconnaissance de « l'intérêt à agir » de l'institution lésée (victime de la destruction de l'environnement). La loi n° 9605 de 1998¹³ est claire sur les sanctions pénales et administratives, mais elle est difficilement applicable si l'institution est, elle-même, impliquée dans la décision d'autorisation des activités et des emprises au sol qui sont à l'origine de ces dégradations du littoral¹⁴. Parfois, ce sont les autorités qui s'engagent dans des aménagements qui dégradent l'environnement, comme par exemple ceux nécessaires à l'accueil des Jeux olympiques de 2016.

- 19 Sur la portion maritime, la répartition des compétences est sans ambiguïté. Cet espace relève d'autorités maritimes fédérales, qui s'intéressent à la défense, la navigation et l'exploitation. Au plan juridique, au Brésil, la zone maritime s'oppose presque à la zone littorale. La continuité de ces espaces marins, depuis l'espace fluvial, deltaïque, jusqu'à la haute mer, peut être démontrée par les sciences naturalistes, mais elle n'est pas ou fort mal considérée en droit. Selon l'article 22 de la Constitution, il appartient ici exclusivement à l'Union de légiférer sur (...) le droit maritime et le droit pénal : deux matières essentielles pour conduire la gestion légale et le devenir d'une zone côtière géographique menacée dans son intégrité écologique.

Gestion des environnements littoraux : des enseignements

- 20 La patrimonialisation de la zone côtière est accompagnée d'un arsenal juridique censé éviter la dégradation du biome côtier et marin. L'État fédéral est ainsi signataire de conventions internationales – universelles ou spécialisées – liées au droit de la mer, à la protection d'environnements côtiers et marins, ou d'espèces marines ou migratrices.
- 21 Parallèlement à l'action orientée uniquement sur l'espace du littoral, il existe aussi une action publique qui prend en considération les espèces et écosystèmes présents sur la zone côtière. Même quand il s'agit de traiter uniquement des milieux naturels protégés, cette action montre trois tendances que nous développons ci-après : (1) la fragmentation persistante des moyens pour la gestion des littoraux et des espaces maritimes, (2) l'usage du « zonage dans le zonage » par exemple pour la gestion des mangroves côtières, et (3) la volonté de restaurer certains sites naturels très attractifs, à forte valeur économique, y compris par des moyens techniques et artificiels.

La gestion fragmentée des milieux naturels littoraux et marins

- 22 La gestion des milieux et sites naturels du littoral et marins souffre de la fragmentation des moyens institutionnels et normatifs dédiés aux milieux naturels protégés. Le PNGC doit en effet être appliqué avec la participation de l'Union, des États, des municipalités et des territoires. L'organisation institutionnelle et territoriale des questions relatives aux environnements doit être respectée. La Politique nationale de l'environnement, apparue en 1981 puis complétée par décret en 1990 et par la création du ministère de l'Environnement (MMA) en 1992 (avec des attributions fixées en 2003), reste présente. L'application du PNGC doit se faire à travers des organes et entités qui intègrent le Système national de l'environnement (SISNAMA). Le Conseil national sur l'environnement (CONAMA) coordonne aussi les différents segments publics.
- 23 Selon OLIVEIRA et COELHO (2015), « (...) les questions de gestion de la zone côtière, dont l'impact se limite difficilement à la portée locale, et qui prennent des proportions régionales ou nationales, sont de l'intérêt de l'Institut brésilien de l'environnement et

des ressources naturelles renouvelables (IBAMA), sur le mode fédéral autarcique, car exécutant le Système national de l'environnement (SISNAMA) ». Selon la loi n° 6 938 du 31 août 1981 relative à la Politique nationale de l'environnement et polarisée depuis 2003 autour des missions du ministère de l'Environnement, il existe, en plus des organes administratifs de conception, plusieurs institutions d'exécution reconnues – IBAMA et Institut Chico Mendes de conservation de la biodiversité (ICMBio) – qui sont mobilisées selon l'action à mener¹⁵. Une des missions de l'ICMBio est d'organiser et de gérer les aires protégées instituées par l'Union (DELELIS *et al.*, 2010). L'expression « aires protégées » est utilisée ici au sens général (les différents types d'aires protégées au Brésil sont détaillés plus loin dans ce chapitre). Des organes d'exécution spécifiques dédiés à la protection des environnements existent aussi, des États (Agência estadual de meio ambiente) jusqu'aux conseils municipaux. Cela concerne essentiellement les portions terrestre et littorale, et se prolonge plus rarement vers les espaces marins.

- 24 Quant à la portion maritime de la *zona costeira*, et autres eaux marines nationales (mer territoriale et toutes eaux sous juridiction), leur gestion est faite par l'Autorité maritime en charge des constructions (qui peuvent être réalisées sur ces zones) et de leurs impacts. Son principal objectif est de préserver la sécurité selon la loi n° 9 966 du 28 avril 2000 sur la prévention, le contrôle et la surveillance de la pollution causée par le rejet d'hydrocarbures et d'autres substances dangereuses ou nocives dans les eaux relevant de la juridiction nationale et autres dispositions. La compétence est exercée directement par le commandant de la Marine (Marinha do Brasil)¹⁶. Souvent, en guise de zonage, ce sont des zones dites « d'empêchement provisoire d'exploitation de gaz et d'hydrocarbures » qui sont tracées le long de la côte.
- 25 OLIVEIRA et COELHO (2015) insistent sur le fait que cette fragmentation des compétences institutionnelles est une limite à la gestion planifiée des impacts sur les milieux naturels : « À cause de la compétence commune de l'Union, des États et des municipalités naissent des conflits potentiels de détermination de l'organe compétent pour l'autorisation environnementale d'activité en zone côtière. Ces conflits sont survenus par manque de clarté sur la délimitation de la compétence de chaque entité fédérative, point partiellement éclairé par une loi complémentaire n° 140 du 8 décembre 2011, principalement sur l'utilisation aléatoire de critères pour définir la compétence de chaque entité ».
- 26 L'autorisation d'occupation et d'exploitation de la zone côtière (dans sa portion maritime) est également un exemple instructif. La loi n° 140 du 8 décembre 2011¹⁷ prévoit trois situations :
- L'article 7 prévoit que l'Union a la compétence exclusive pour promouvoir les licences de constructions et activités localisées ou développées concomitamment dans les zones terrestres et maritimes de la zone côtière. Ainsi, si la localisation de l'entreprise concerne à la fois une partie terrestre et une bande maritime, l'autorisation relève alors de la compétence du gouvernement fédéral, mais uniquement dans les cas correspondants à une typologie dressée par une loi du pouvoir exécutif. Cette typologie est établie sur proposition de la Commission nationale tripartite, en assurant la participation d'un membre du Conseil national de l'environnement (CONAMA), en tenant compte du critère de la taille, de l'éventuelle pollution générée et de la nature de l'activité.
 - L'article 8 dispose que les États fédérés peuvent « [...] délivrer les licences environnementales pour des activités ou des constructions qui utilisent des ressources naturelles, réellement ou potentiellement polluantes, ou susceptibles, de quelque manière

que ce soit, de provoquer une dégradation de l'environnement, sauf dans les cas prévus aux articles 7 et 9 ».

- L'article 9 aborde les compétences municipales pour « les actes administratifs des municipalités, qui observant les attributions des autres entités fédérées prévues par la présente loi, visent à délivrer des licences environnementales pour des activités ou des constructions qui ont ou pourraient avoir un impact local sur l'environnement, selon une typologie définie par le conseil de l'environnement des différents États, compte tenu de la taille, de la pollution potentielle engendrée et de la nature de l'activité ».
- 27 On retient ici deux points : (1) la continuité écologique, entre des espaces et écosystèmes littoraux puis maritimes, est mise à mal au quotidien par la séparation entre, d'une part, les organes administratifs pour la terre, et, d'autre part, l'autorité pour la mer et la navigation maritime et fluviale ; et (2) l'identification de la bonne institution et du droit des autorisations environnementales sur des milieux protégés du littoral n'est pas plus simple que sur celui de l'espace littoral ordinaire.

Les rôles des institutions publiques sur les plages

- 28 Les constructions en front de mer et leurs impacts sur les plages sont souvent décrits sur la *orla marítima* (DE FREITAS, 2011) ; ces constructions sont autorisées par les municipalités, pour le bénéfice des résidents ou de locaux commerciaux. Aux systèmes de plages ouvertes et à un paysage littoral naturel se sont substituées des lignes de béton. Les municipalités jouent ainsi un rôle important, à l'origine des dégradations, mais aussi dans les efforts de restauration (DA SILVA LOUREIRO FILHO, 2014). Cette transformation a un fondement juridique : selon DE FREITAS (2011), « parmi les problèmes les plus fréquemment rencontrés dans la zone côtière, l'invasion de la plage et même des dunes et des *restingas* est particulièrement inquiétante avec la construction d'ouvrages ou d'activités les plus diverses sans règles claires les régissant. Il s'agit d'occupations irrégulières, dues principalement au fait que ces terres sont publiques et que, par conséquent, leur utilisation par des particuliers est soumise à l'autorisation du pouvoir public. Les bâtiments sur les plages brésiliennes sont de plus en plus courants, où bars, kiosques et auberges défigurent l'esthétique naturelle. En règle générale, ces constructions sont irrégulières ou autorisées par les municipalités fondées sur l'article 30-sous-paragraphe de la Constitution fédérale, c'est-à-dire que le sujet y est traité comme d'intérêt local, bien que dans certains cas il soit compris que l'Union dispose de la compétence, si la plage est un bien de son domaine ». Dans ce contexte, les actions dédiées à la gestion des plages se sont multipliées, parmi celles de gestion côtière : le « projet Orla » (SILVA et FARIAS FILHO, 2015), les incitations à la signature de la clause d'adhésion à la gestion des plages maritimes (TAGP¹⁸), la diffusion de manuels techniques par des laboratoires spécialisés en études côtières, régulièrement revus en fonction des nouvelles normes (SPU *et al.*, 2018 ; LAGECI *et al.*, 2020, etc.).

Le « zonage dans le zonage » : aménagement et conservation des mangroves littorales

- 29 La législation relative à la *zona costeira* traite de l'organisation de la planification, des compétences institutionnelles et de la gestion de cet espace. Elle s'accompagne du système national des unités de conservation (Snuc) issu du droit de l'environnement,

qui se fonde sur la loi n° 9 985/00 sur le Snuc et le décret fédéral n° 4 340/2002 qui le réglemente. Le Snuc s'applique sur le territoire national, dont les zones littorales, donc les zones de mangroves côtières, et les eaux sous juridiction nationale plus lointaines. Les zones de mangroves côtières sont considérables (BRADAO, 2011). Elles font partie du biome « forêt atlantique » juridiquement protégé, et elles ont une importance irremplaçable sur la flore et la faune inféodées à cette interface terre-mer, en tant que corridors écologiques et source d'aliments, d'échanges économiques et d'enrichissement pour les exploitants formels et informels de mangrove. Cet écosystème s'étend de Oiapoque (État d'Amapá) au nord jusqu'à la ville de Laguna (État de Santa Catarina) au sud.

- 30 Le traitement juridique de la mangrove et la gestion de la zone côtière sont réalisés de manière différenciée (DA SILVA LEITE NOURY, 2014 ; DA SILVA LEITE NOURY et GALLETTI, 2022). Le droit des mangroves s'inscrit dans une évolution du droit de l'environnement brésilien, sous l'influence du droit international relatif aux zones humides et aux forêts. Le Snuc vise ainsi non seulement à conserver la biodiversité, mais également à protéger les bassins, les ressources en eau et les paysages, ainsi que les utilisations récréatives (dont l'écotourisme), les sites historiques, archéologiques et culturels, etc. (CABRAL et DE SOUZA, 2005).
- 31 Ce système de zonages, celui des « zones de préservation permanente » en zones rurales ou urbaines – espaces protégés du domaine public ou privé auxquels la Constitution a reconnu un caractère spécial –, a une importance particulière pour la préservation des zones de mangroves côtières (DA SILVA LEITE NOURY et GALLETTI, 2022). Ce type de zonage et son statut juridique (rappelés notamment au chapitre II, section 2, de la loi n° 12 651 du 25 mai 2012 et n° 12 727 du 17 octobre 2012 révisant le Code forestier) s'appliquent parfois sur les mangroves côtières et sur d'autres espaces qui leur sont nécessaires tels que les bancs de sable fixateurs des dunes ou stabilisateurs des mangroves. Ici, pèseront sur le propriétaire de la zone, le possesseur ou l'occupant, des obligations d'entretien de cette végétation et de sa restauration si celle-ci a été détruite, sauf utilisations et défrichements exceptionnels autorisés par la loi.
- 32 Par ailleurs, le Snuc apporte deux sortes de protections juridiques aux mangroves : la conservation intégrale et la conservation durable. Ces deux types d'unités de conservation (UC) n'ont pas les mêmes niveaux de protection et se déclinent elles-mêmes en différentes catégories ; ces unités sont administrées par les organes fédéraux, étatiques et municipaux. Toute UC doit normalement être dotée d'une structure de gestion et d'un plan de gestion, ces éléments permettant le suivi du zonage et de la protection.
- 33 Si la loi permet une protection juridique des mangroves, paradoxalement elle autorise également leur défrichement. La destruction de mangroves dans une zone de préservation permanente urbaine est possible, mais dans les seuls cas d'utilité publique ou d'intérêt social, ou si elle n'a qu'un impact faible sur l'environnement. Elle est alors motivée et caractérisée lors d'une procédure administrative (résolution CONAMA 369/2006). Ce défrichement nécessite l'autorisation du conseil environnemental compétent, à condition que la municipalité concernée dispose concrètement d'un conseil environnemental délibératif (habilité à décider) et consultatif (habilité à émettre un avis) et d'un plan directeur : « ils doivent être publiés au Journal officiel et être disponibles dans un lieu d'accès facile à la liste publique et à la liste contenant les données relatives aux demandes et aux permis de suppression de

la végétation, comme le prévoit la loi 10 650/2003 » (MEDEIROS et ROCHA, 2011). Certains instruments de planification viennent ainsi justifier juridiquement l'atteinte aux mangroves.

- 34 Les surfaces de mangroves mobilisent ainsi, au-delà du droit des espèces protégées, bien d'autres matières juridiques comme le droit de l'eau ou de la foresterie. Les mangroves relèvent en effet du Code forestier de 2012. Les plans de gestion littorale doivent ainsi intégrer maints sujets sectoriels (ici forestier ou sanitaire) *a priori* distincts, qu'il faut harmoniser. Même si l'article 3° de la loi n° 7 661 du 16 mai 1988 sur le Plan national de gestion côtière prévoit toutefois que le PNGC devra donner priorité à la conservation de plusieurs éléments naturels dont les mangroves.

La PSM au Brésil : des questions en suspens

- 35 Le projet de loi PL 6969-2013¹⁹ qui institue la Politique nationale pour la conservation et l'utilisation durable du biome marin brésilien (PNCMar), nommé loi de la mer, a pour objectif de promouvoir l'utilisation équitable, efficace, partagée et durable des ressources et des écosystèmes marins et assurer la conservation de la diversité marine et des aires marines spécialement protégées pour le développement durable. Dans l'article 3, § XIV, le PL 6969-2013 cite la PSM brésilienne qui permettra de réaliser l'aménagement de l'espace marin.
- 36 Pour autant, ce projet de loi PL 6969-2013 (PNCMar) n'était toujours pas approuvé en 2022, ce qui empêche son application. En effet, cette initiative ne fait pas l'unanimité et subit des critiques, probablement liées aux changements à engager si la loi était entérinée. Au cœur de la réflexion figurent les méthodes à choisir pour faire une PSM opportune. Comment engager une planification de l'espace marin proprement dit, qui dépasserait la petite bande du rivage et des fonds infralittoraux ?
- 37 Cette partie présente deux options possibles de PSM : (1) une PSM issue d'une action publique inspirée de l'expertise scientifique, et (2) une PSM susceptible de couvrir toute la zone maritime nationale.

Une PSM inspirée de l'expertise scientifique ?

- 38 Utiliser des expertises scientifiques dans la programmation du développement durable national, fédéral et local, fait partie du discours accompagnant les projets de PSM. L'inclusion de l'expertise écologique et toxicologique dans une telle planification naturaliste nouvelle – qui jouerait un rôle moteur et serait force de proposition pour les décideurs – est souhaitable, mais elle n'a vocation à se réaliser qu'à l'intérieur d'un cadre bien délimité. De plus, toute initiative de ce type doit se faire malgré l'incertitude des connaissances, les lacunes et l'hétérogénéité des données, ce qui est illustré par le cas des unités de conservation marines.

Les cadres pour une PSM basée sur l'expertise scientifique

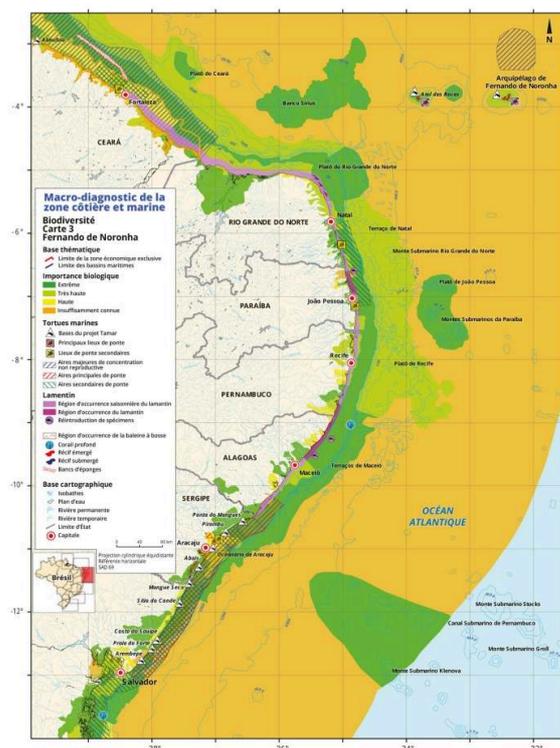
- 39 La part faite à l'expertise scientifique est importante dans le droit de l'environnement brésilien. La décision publique étant censée pouvoir s'appuyer sur le conseil scientifique adéquat. En effet, la loi n° 7 661 du 16 mai 1988 sur le PNGC, article 3, précise que celui-ci devra prévoir le zonage des utilisations en « priorisant » la

conservation et la protection notamment des ressources naturelles, renouvelables et non renouvelables, récifs, bancs d'algues, îles côtières et océaniques, grottes marines, autres unités naturelles de conservation permanente et des monuments qui intègrent le patrimoine naturel, paysager. La loi pré suppose ainsi un appareil scientifique pour documenter ces éléments de l'écosystème marin et estuarien.

40 Depuis 2004, le décret n° 5 300/2004, article 7°, a doté le pays d'outils pour la gestion de la zone côtière, parmi lesquels :

- le système d'information de gestion des zones côtières (SIGERCO) est une composante du système national d'information sur l'environnement, qui intègre des informations géoréférencées sur la zone côtière. Il va au-delà des SIG et doit rassembler une information littéraire et technique ;
- le système de surveillance environnementale de la zone côtière (SMA) est une structure opérationnelle de collecte continue de données, pour le suivi de la dynamique de l'utilisation et de l'occupation de la zone côtière et l'évaluation des objectifs de qualité socio-environnementale ;
- le rapport sur la qualité de l'environnement des zones côtières (RQA-ZC) consolide périodiquement les résultats obtenus par la surveillance de l'environnement et l'évaluation de l'efficacité et l'efficacité des mesures de gestion ;
- le zonage écologique économique côtier (ZEEC) oriente le processus de planification de l'espace territorial, nécessaire pour obtenir les conditions nécessaires à la durabilité du développement de la zone côtière, en conformité avec les lignes directrices de zonage écologique économique du territoire national, en tant que mécanisme de soutien aux actions de monitoring, d'octroi d'autorisations, des programmes de suivi, de contrôle, et de gestion ;
- le macro-diagnostic de la zone côtière rassemble des informations à l'échelle nationale, sur les caractéristiques physico-naturelles et socio-économiques de la zone côtière, afin de guider les actions de préservation, la conservation, la réglementation et le contrôle des patrimoines naturels et culturels (fig. 1).

Figure 1. Macro-diagnostic de la zone côtière au Nord-Est brésilien : exemple d'une carte de la biodiversité



Source : Ministério do Meio Ambiente (2008)

- 41 L'exercice de PSM appliqué en milieu marin, ouvert (caractérisé par la libre circulation d'éléments biologiques et physiques dans l'eau), va être utile, s'il doit faire mieux que ce qui s'est déjà fait sur l'intérieur des littoraux par des administrateurs. Toutefois, il ne garantit pas au départ l'installation durable de structures de recherche, ou l'amélioration de la gouvernance écologique des zones cartographiées même si ces objectifs sont explicités dans les projets de texte.
- 42 La part donnée aux préoccupations de conservation et de durabilité dans la PSM, plutôt qu'à d'autres préoccupations (économiques, culturelles, sécuritaires, etc.) est explicitée dans le projet de loi PL 6969 de 2013 (PNCMar). Même s'il est encore en phase d'évaluation en 2021, la volonté du législateur est claire. L'article 3 propose une définition très ambitieuse qui stipule que « l'aménagement de l'espace marin est le processus de planification spatiale complète, adaptative, intégrée et fondée sur les écosystèmes, transparent, participatif et basé sur la connaissance scientifique visant à évaluer et répartir les activités humaines dans l'espace et le temps dans le biome marin, afin d'identifier les zones les plus appropriées pour les différents types d'activités, de réduire les impacts environnementaux et les conflits entre usages, de promouvoir des utilisations compatibles et préserver les services écosystémiques, en atteignant les objectifs environnemental, économique et social ».

Planification et incertitudes des connaissances : l'exemple des unités de conservation marines (aires marines protégées)

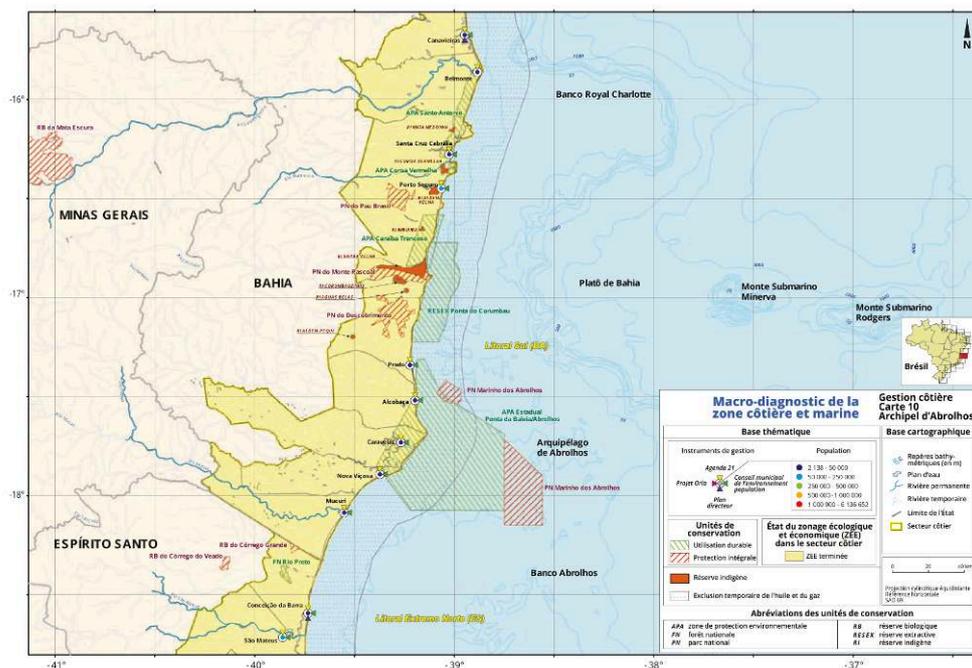
- 43 Il est prudent de considérer la PSM comme un exercice qui va tenir compte de l'existant, donc des incertitudes de connaissances, de l'hétérogénéité des données

utilisables par les décisionnaires et des lacunes dans leur collecte. Parmi la diversité des sujets possibles – du secteur portuaire à la pollution marine –, cette partie se concentrera sur les unités de conservation marines.

Les aires protégées côtières

- 44 Les unités de conservation (UC) existent jusqu’aux limites de la mer territoriale, mais peuvent couvrir des espaces marins jusqu’aux eaux sous juridiction, conformément à la loi n° 9 985 du 18 juillet 2000 relative au système national d’unités de conservation. Elles sont de différentes sortes.
- 45 Dans les unités de protection intégrale (*proteçao integral*), est seulement admise l’utilisation indirecte des ressources naturelles ; sont inclus dans cette catégorie les stations écologiques, réserves biologiques, parcs nationaux, monuments naturels et refuges de la vie sylvestre.
- 46 Dans les unités d’utilisations durables (*uso sustentável*), on concilie la conservation des biens environnementaux tout en utilisant de façon durable et valorisée une partie de la ressource naturelle. Les appellations et modalités de cette conservation permettant des usages encadrés sont les zones ou aires de protection de l’environnement, les zones ou aires d’intérêt écologique, les forêts nationales, les réserves extractivistes, les réserves de faune, les réserves de développement durable et les réserves privées du patrimoine naturel. Les UC tracées sur des sols solides ou en milieu humide et liquide, relèvent soit du régime du domaine public, soit du régime du domaine privé. Citons par exemple au titre des UC publiques, les stations écologiques, les réserves biologiques et les parcs nationaux et, au titre des UC privées, les refuges de la vie sylvestre, etc.
- 47 Le site internet de l’ICMBio présentait, en août 2021, un biome marin estimé à 364 651 400 ha et une surface terrestre de 851 600 000 ha, à l’intérieur desquels existent des aires protégées par l’ICMBio d’une superficie de 171 424 192 ha, dont 92 660 914 ha d’aires marines protégées.
- 48 Outre un trait de côte souvent incisé, et des îlots et petits fonds sur le littoral, le Brésil possède peu d’îles océaniques éloignées, sauf l’archipel Fernando de Noronha – à 350 km au nord-est, en face de la ville de Nata – et quelques îlots célèbres dont l’archipel des Abrolhos (État de Bahia, fig. 2). Du point de vue juridique, l’archipel Abrolhos est un parc national marin (*parque nacional marinho dos Abrolhos*, décret n° 88.218 du 6 avril 1983) et couvre 913 km². L’atoll das Rocas (7,5 km²), rattaché à l’État du Rio Grande Do Norte, est la première unité de conservation marine créée par le gouvernement brésilien en 1979. Cet atoll a été inscrit au Patrimoine mondial de l’Unesco en 2001. Pour l’archipel São Pedro e São Paulo, la création d’une zone de protection environnementale (APA) et d’un monument naturel marin (Mona) a été mise à l’étude (FRANCINI-FILHO *et al*, 2018) puis traitée en 2018. On peut ajouter Rebes do Parazihno au large de l’État d’Amapá, le parc marin do Parcel de Manuel Luis en face de l’État de Maranhão, la réserve biologique Marinha do Arvoredo au large de l’État de Santa Catarina, etc. Cette liste non exhaustive est difficile à établir à cause de la succession dans le temps de différents statuts appliqués sur des micro-portions du territoire protégé.

Figure 2. Macro-diagnostic de la zone côtière (Bahia) : carte de gestion côtière de l'archipel de Abrolhos

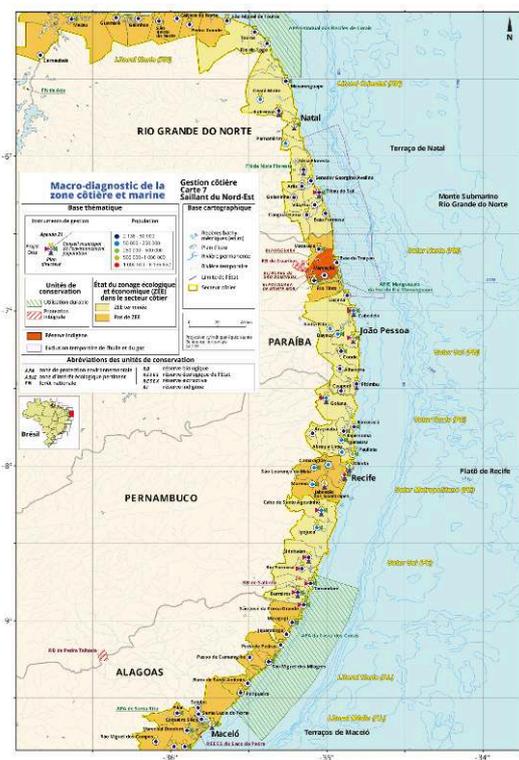


Source : Ministério Do Meio Ambiente (2008)

Le cas de l'État de Pernambuco

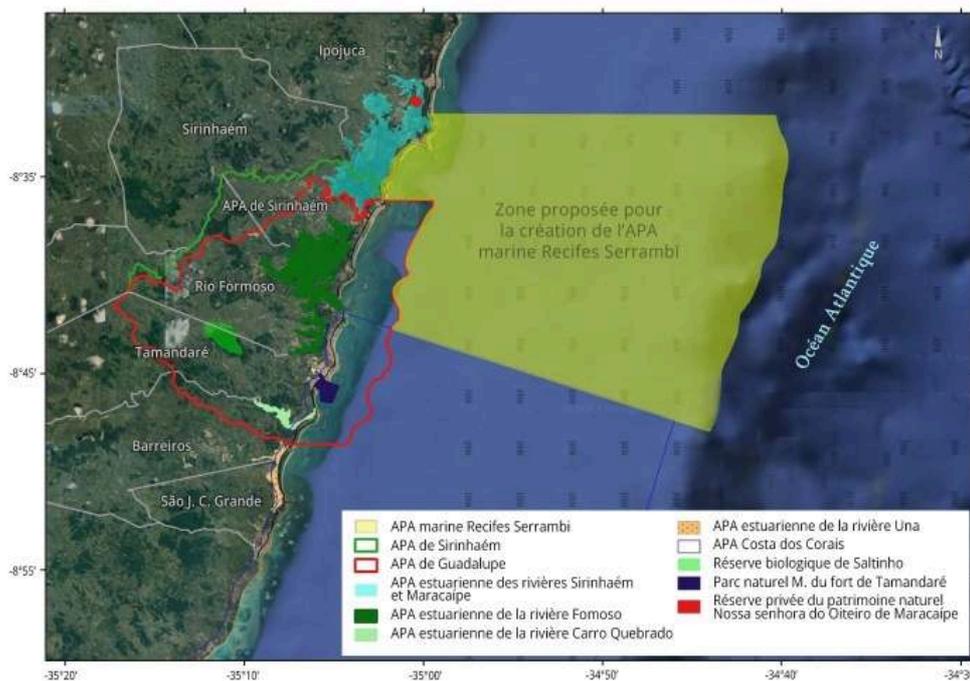
- 49 La côte du Pernambuco est longue (187 km), attractive (sables blancs), et stratégique pour son développement. Elle s'étend de la municipalité de Goiana (nord-est) jusqu'à celle de Sao José da Coroa Grande, au sud, et compte 21 municipalités. La forte concentration anthropique, visible au travers des bâtiments industriels, commerciaux, habitations, etc., génère des pollutions côtières, notamment par les eaux usées. L'État cherche à effectuer la gestion de la zone côtière, puisque la loi lui a conféré cette compétence. Il a ainsi institué la politique étatique de gestion côtière de Pernambuco à travers la loi étatique n° 14 258/2010. L'État a ainsi pris en compte dans cette loi étatique : (1) les problèmes posés dans ses estuaires qui, bien que protégés par la loi n° 9 931/86, ne sont pas exempts d'utilisations liées à des activités publiques ou privées, (2) la *orla*, et la protection juridique de sa mangrove côtière.
- 50 Préoccupés par l'utilisation des ressources naturelles, et l'épuisement des milieux productifs, le Secretaria estadual de meio ambiente e sustentabilidade de Pernambuco et le CPRH-Agência estadual de meio ambiente ont présenté, par le biais d'une consultation publique, la proposition de création – dans cet État – de la première unité de conservation étatique exclusivement marine : l'aire de protection environnementale marine, nommée « *area de proteção ambiental (APA) Marinha Recife Serrambi* » (fig. 4 et 5). Celle-ci est accolée aux dix autres zonages existants (fig. 4) et s'ajoute au paysage cartographique préalable représenté en 2008 (fig. 3).

Figure 3. Macro-diagnostic de la zone côtière (2008) : carte de gestion côtière



ZEE : zonage écologique et économique
 Source : Ministério Do Meio Ambiente (2008)

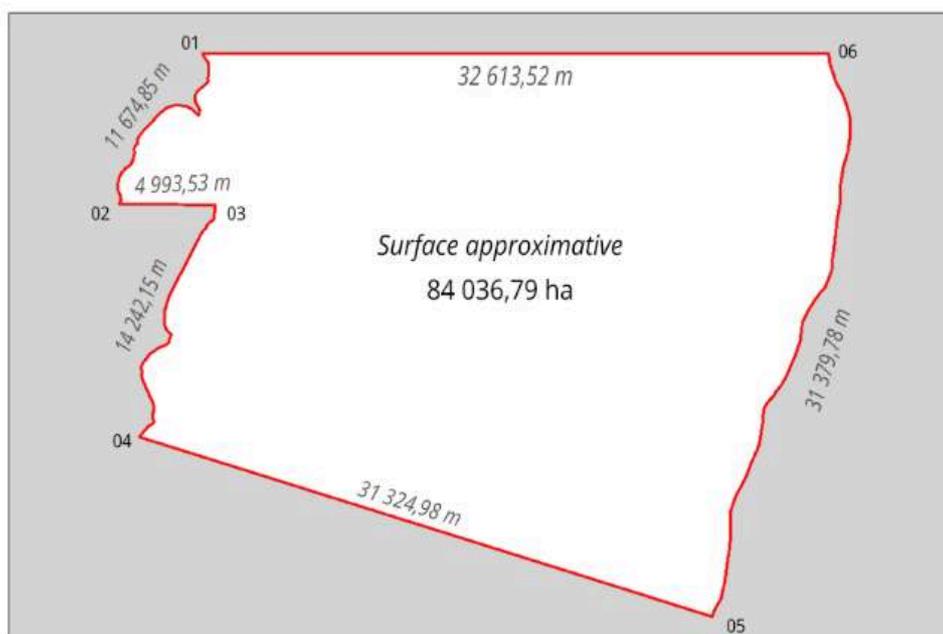
Figure 4. Carte de l'unité de conservation marine (APA) de Recife Serrambi



Source : CPRH (2017)

- 51 Cette APA proposée par le groupe technique du semas/CPRH (2017, p. 11), a comme ambition « d'intégrer et d'ordonner les multiples utilisations sur les 84 036,79 ha marins du littoral sud de l'État de Pernambuco, en impliquant les municipalités d'Ipojuca, Sirinhaém, Rio Formoso e Tamandaré, et en harmonie avec la conservation des écosystèmes littoraux » (voir aussi l'encadré 2). L'APA publiée en 2018²⁰ commence au sud de Ipojuca (fig. 5).

Figure 5. Périmètre de l'unité de conservation marine (APA) de Recife Serrambi



Source : Carte et décret n° 46 052 publiés le 23 mai 2018

Encadré 2. Les objectifs de l'aire marine de protection environnementale de Recife Serrambi

Selon le décret n° 46 052 du 23 mai 2018 (art. 2), les objectifs de la zone de protection du milieu marin de Recife Serrambi sont :

« I. Protéger la biodiversité dans les environnements côtiers et marins, en mettant l'accent sur les espèces endémiques, rares et menacées, en tenant compte de leurs caractéristiques et de la dynamique des écosystèmes.

II. Assurer la conservation de l'environnement récifal, avec sa faune, sa flore, sa formation géologique et les fonctions de l'écosystème.

III. Assurer la connectivité entre les différents environnements, en vue de la conservation de la biodiversité, de la reconstitution des stocks de pêche et du maintien des services environnementaux et écosystémiques.

IV. Concilier et organiser les divers usages des milieux côtiers et marins, en tenant compte de la pêche, des activités nautiques, de la gestion des zones, du tourisme et des autres activités socio-économiques, en les rendant compatibles avec la conservation de l'environnement.

V. Renforcer la pêche artisanale, en encourageant la gestion durable des ressources naturelles.

- VI. Renforcer le tourisme durable en encourageant les bonnes pratiques dans la mise en œuvre des activités touristiques et du tourisme communautaire.
- VII. Soutenir les activités de recherche, de production et de systématisation des connaissances sur la biodiversité, les aspects socio-environnementaux et la gestion de la zone, entre autres, en valorisant les connaissances scientifiques et empiriques.
- VIII. Encourager la participation sociale par l'éducation environnementale, les pratiques durables et l'élaboration de stratégies de conservation et de préservation.
- IX. Assurer le maintien du paysage de l'environnement côtier et marin. »

- 52 Les neuf objectifs assignés à cette APA sont avant tout écologiques, mais avec toutefois une planification du devenir économique et sociétal des populations à proximité ou qui en vivent. Ce n'est pas toujours le cas des aires marines protégées des pays émergents ou en développement et des fonctions qui leur sont assignées par les décideurs (GALLETTI et CHABOUD, 2015). La phase de création de l'APA marine s'est faite de façon collaborative et participative avec une participation des pêcheurs individuels, des présidents d'associations des pêcheurs, des avocats, des propriétaires de restaurants, des organismes des trois sphères de gouvernance, du gouvernement, des résidents, etc. En 2020, l'APA marine n'avait toujours pas de plan de gestion, mais des négociations étaient en cours.
- 53 La décision de créer une APA exclusivement marine (qui est accolée à une autre) constitue une avancée. Il est intéressant de souligner qu'il s'agit d'une unité de conservation d'usage durable et non d'une unité de protection intégrale. Elle peut servir à inciter d'autres États fédérés. Des États avaient déjà entamé un processus de création d'APA marines comme, par exemple, l'État de São Paulo avec le parc marin de Laje de Santos (dès 1993).
- 54 Un autre point intéressant est l'émergence d'efforts conjugués de protection entre États fédérés brésiliens. C'est notamment le cas le long de la Côte de corail (região da Costa dos Corais) connue pour les efforts de protection du lamantin marin (*peixe-boi marinho*, *Trichechus manatus*). Quinze municipalités de la côte sud de l'État de Pernambuco et de la côte nord de l'État d'Alagoas sont concernées impliquées dans cette protection.
- 55 Une autre initiative est celle de la « mosaïque » d'aires protégées (*mosaicos de áreas protegidas*), d'abord envisagée dans un contexte forestier, est désormais utilisée dans des sites littoraux. C'est le cas pour l'aire maritime du littoral nord de São Paulo (Ilhas do Litoral Norte de Sao Paulo) créée par le décret n° 53-525 du 8 octobre 2008 de cet État.
- 56 La mosaïque d'aires protégées est expérimentée depuis 2010 (DELELIS *et al.*, 2010). Elle constitue un outil de création d'un territoire original et idéalement de son aménagement. Formée d'un ensemble d'UC, cette « mosaïque » est reconnue par un arrêté du ministère de l'Environnement ou par des États fédérés. Elle fonctionne avec un conseil essentiellement consultatif regroupant, outre les représentants des UC, des membres de la société civile et d'autres institutions publiques ou personnalités. Ce conseil définit le territoire de la mosaïque dont la vocation est de développer – pour ce territoire ambitieux incluant des reconnections entre des sites protégés individuels – des plans d'action et des planifications stratégiques, sortes de corridors ou réseaux

écologiques marins (GALLETTI, 2014), capables de valoriser la diversité biologique et paysagère pour le développement durable régional.

- 57 En 2018, année de démarrage de l'Initiative bleue du Brésil et de ses prolongements financiers (MARETTI *et al.*, 2019 ; ICMBIO, 2018 ; VILLELA MARRONI, 2014), les sites de Sao Pedro et São Paulo, et de Trindade et Martim Vaz, ont intégré deux mosaïques océaniques : (1) la mosaïque Arquipélago de Trindade e Martim Vaz et Monte Columbia (APA de 471 532 km² avec une ZEE environnante de 402 377 km² et un monument naturel de 69 155 km²) et (2) la mosaïque Arquipélago Sao Pedro-Sao Paulo (APA de 454 315 km² avec une ZEE environnante de 407 052 km² et un monument naturel de 47 263 km²). Pour ces exemples, il convient de s'interroger sur l'établissement de plans de gestion et de leur efficacité.
- 58 Ces premières collaborations dans le domaine de la conservation permettent d'espérer à l'avenir une harmonisation des dispositions lors de la réalisation future de plans de PSM.

Vers une PSM couvrant toute la zone maritime ?

- 59 La planification spatiale prescrit un aménagement modernisé, documenté et responsable de l'espace terrestre, désormais jusqu'à la mer. La PSM a, de plus, l'avantage de contribuer à l'ODD 14 « vie aquatique-conserver et exploiter de manière durable les océans, les mers et les ressources marines aux fins du développement durable », que l'on ne sait pas ou mal décliner, ni en droit de la mer, ni avec les seules sciences naturelles estuariennes et marines (GALLETTI et DA SILVA LEITE NOURY, 2022). La PSM est certainement un complément de l'action publique menée par les institutions du littoral et de la Marine. Cependant, au-delà de la méthode, la PSM aboutit *in fine* à une décision ou un ensemble de décisions concernant l'aménagement du territoire national sur la mer. Ce dernier reste l'expression d'un pouvoir public en mer, qui est, au Brésil, haut placé dans la hiérarchie et présente une physionomie particulière. Le territoire maritime concerné englobe des dimensions considérables. Aux risques que produisent les aménagements réalisés, peuvent s'ajouter d'autres risques, réels ou supposés, d'une PSM future.

L'institution « chef de file » d'une PSM

- 60 Au niveau des institutions, depuis 2019, la PSM est promue par le CIRM (coordinateur au niveau fédéral) composé de quinze Parties : Présidence de la République, Marine brésilienne, ministère des Affaires étrangères, ministère de l'Économie, ministère du Développement régional, ministère du Tourisme, ministère des Mines et de l'Énergie, ministère de la Citoyenneté, ministère de l'Environnement, ministère des Sciences, de la Technologie, des Innovations et des Communications, ministère de la Défense, ministère de l'Agriculture, de l'Élevage et de l'Approvisionnement alimentaire, ministère de l'Éducation, ministère des Infrastructures, ministère de la Santé. La considération des espaces marins comme supports du développement, couplée à la tradition d'antériorité de la Marine nationale pour la décision et le contrôle de ces espaces, plaident pour une décision publique encore autoritaire et unilatérale et pour une PSM de niveau fédéral qui devrait rester une forte expression du pouvoir central et militaire en mer.

61 Les attributions de la Marine sont assez régulièrement revues ; par exemple, le court et récent décret n° 10 607 du 22 janvier 2021 vise à créer un groupe de travail pour réexaminer la politique maritime. Si l'on consulte ses activités et programmes opérationnels, la Marine affiche, en plus du *Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro*²¹ et du *Plano de levantamento da plataforma continental brasileira*²², le *Plano setorial para os recursos do mar* PSRM²³ qui comporte onze programmes, qu'elle patronne ou auxquels elle est associée comme, par exemple, le *Sistema brasileiro de observação dos oceanos*²⁴, le programme *Revizee*, etc., inspirés de modèles de surveillance des changements océaniques de l'océan global initiés par la Commission océanographique intergouvernementale (COI). Cette remarque sur la physionomie institutionnelle et juridique que peut prendre la PSM n'exclut pas d'associer l'expertise scientifique naturaliste dans le processus. Les cas de coopération entre le ministère de la Défense avec l'appui de la Marine, les compétences techniques de l'ICMBio et le Conselho nacional de desenvolvimento científico e tecnológico²⁵ du ministère de la Science, des Technologies, de l'Innovation et de la Communication, existent et sont inévitables.

Le territoire maritime de la PSM

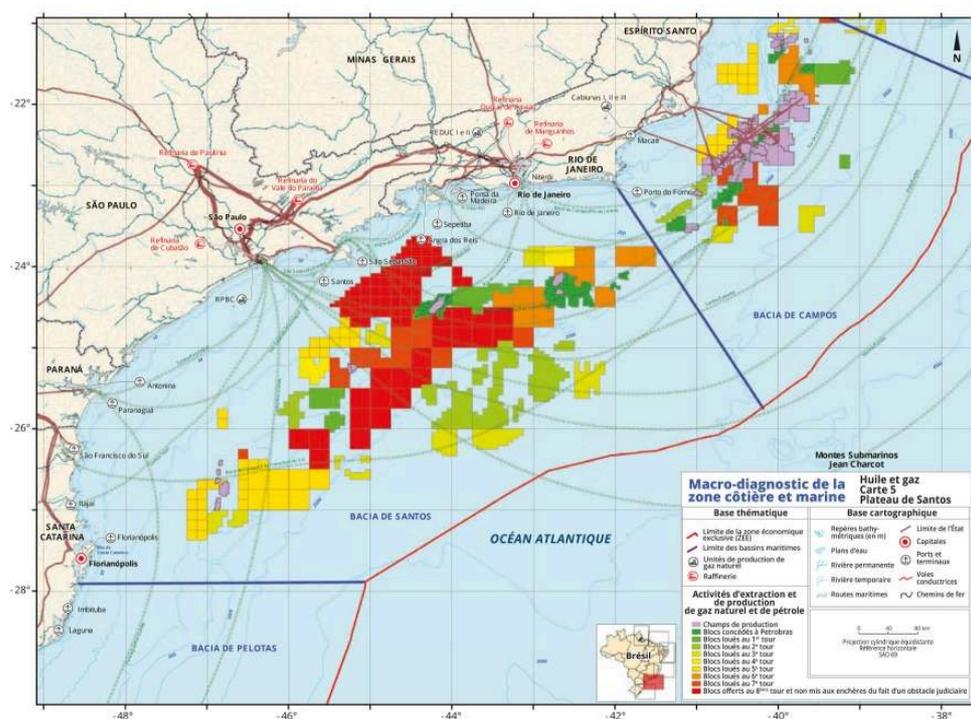
62 Sur un territoire maritime de 4,5 millions de km², les attentes concernant la PSM sont fortes : elle doit susciter « une meilleure coordination des actions des autorités publiques et des acteurs privés du secteur marin », « afin de garantir la meilleure utilisation possible des espaces marins et le développement économique du secteur ». Elle doit montrer qu'une activité publique est en cours, avec des cartes, des moyens, des personnels affectés, des budgets dédiés. Cet exercice doit aller au-delà des expériences de gestion des seuls enclaves et rubans littoraux.

63 Le territoire potentiellement concerné se compose comme suit :

- les eaux marines : la loi n° 81617/93 reconnaît une mer territoriale d'une largeur de 12 milles marins sur la totalité du linéaire côtier, une zone contiguë et une ZEE de 200 milles marins à partir d'une ligne de base. Cette ligne de base a été tracée soit dans la proximité du trait de côte assez irrégulier (ligne de basse mer), soit autour de trois complexes d'îles qu'elle encercle. Cette technique permet d'obtenir un effet juridique d'extension des zones maritimes (vers l'est), qui se reporte mécaniquement au tracé de la ZEE qui suit ;
- le plateau continental national : le Brésil a défini ses limites extérieures, en augmentant (en 2004, 2006, 2015, 2017 et 2018) sa déclaration de plateau continental étendu pour former la « grande zone de Amazônia Azul », ainsi nommée par la Commission interministérielle sur les ressources de la mer. Cette Amazonie bleue a une superficie actuelle de 4 451 766 km² si la ZEE et le plateau continental étendu sont ajoutés, et de 4 476 000 km² en y incluant la mer territoriale. Ce tout maritime représente 52 % du territoire terrestre national. Des espaces marins appropriés et des utilisations extensives de la mer sont ainsi identifiés grâce à une position politique et historique de l'État. Son interventionnisme se voit avec l'organisation de la distribution des accès aux ressources non vivantes (cas de l'ouverture des blocs sous-marins à l'exploration pétrolière et gazière offshore conventionnelle et non conventionnelle) et à la volonté de les contrôler. Il se voit également pour les ressources vivantes. Ainsi, le Brésil reste maître de ses activités de pêche commerciale croissantes (zone de pêche exclusive), malgré des manques de continuité dans les séries de données sur les captures et de surveillance, et tout en étant partie à l'Organisation régionale des pêches

thonières depuis 1969 (Commissions thonidés tropicaux, thonidés tempérés du Nord, thonidés tempérés du Sud, espèces autres).

Figure 6 . Macro-diagnostic de la zone côtière : exemple d'une carte d'exploration/exploitation de gaz et d'hydrocarbures



Source : Ministério Do Meio Ambiente (2008)

PSM et risque d'incohérences juridiques

- 64 Il existe des risques généraux si la PSM est réduite à la seule cartographie des zones et utilisations, ou encore à l'attribution préférentielle de droits d'utilisation à tel ou tel usage. Des PSM conduisant à l'accaparement des richesses océaniques sont décrites dans la littérature scientifique, par privatisation de l'océan (ROS, 2019) ou par nationalisation ; ce point est peu évoqué dans les conférences, présentations publiques et débats conduits par les autorités publiques mandatées pour entamer le processus. Le risque est alors la réservation des volumes d'eau et de ce qu'ils contiennent, du sol et des structures géologiques marines, pour l'utilisation exclusive d'un seul exploitant, ou opérateur, ou inversement d'une institution de conservation des ressources naturelles, les autres activités étant déplacées ailleurs. L'autre risque est une utilisation majoritaire accordée à un seul type d'activité, les autres activités étant alors réduites sans possibilité de contester la décision. C'est le cas du choix public concernant l'activité d'extraction de ressources minérales solides, liquides ou gazières (fig. 6), ce qui rend les autres activités – pêcheries ou tourisme balnéaire par exemple – résiduelles, de qualité minorée, ou risquées.
- 65 En cas de PSM productiviste, le risque d'impacts sur l'écologie des milieux, l'accroissement des pressions anthropiques (rejets, nuisances, prises, extraction, surdensité, etc.) est avéré, et, *in fine*, aboutirait à la dégradation de ces milieux, l'appauvrissement des nationaux ou encore à un seuil d'irréversibilité en termes de

dégâts écologiques. En quoi les risques d'une telle PSM sont-ils plus à redouter au Brésil (zone tropicale) qu'ailleurs (QUEFFELEC *et al*, 2021 ; FOTSO, 2018) ? Bien que les spécialistes de l'écologie marine aient les compétences pour expliquer les enjeux écologiques plus importants dans ces latitudes (le Brésil se situe entre les latitudes 5° Nord et 33° Sud, et entre 34° et 73° de longitude Ouest), pour un juriste, la latitude (tropicale ou tempérée) importe peu, malgré le rappel qui leur est fait par des juristes environnementalistes de s'ouvrir davantage aux sciences (TELES DA SILVA, 2016). Le problème, du point de vue juridique, est plutôt l'importance quantitative des zones et des ressources concernées et dégradées, et la taille du territoire national à administrer. L'ampleur de dégradations avancées, sur une façade maritime de ce type, rend démesurés les efforts publics et privés de restauration à mener et à financer.

- 66 Plus que la PSM, la faiblesse des règles juridiques édictées pour encadrer les activités accrues des individus ou sociétés professionnelles qui extraient des ressources depuis les sites littoraux et hauturiers, doit faire l'objet de plus d'attention, de même que la méconnaissance, par les autorités compétentes, des espaces marins dont ils sont responsables, de leur productivité, de leur vulnérabilité, de leurs interactions et de leurs valeurs monétaires/non monétaires. Cette méconnaissance conduit à une attribution trop rapide, non avertie ou imprudente, de droits d'exploitation.
- 67 Citons trois situations où l'inadéquation des règles a été problématique, et pour lesquelles une remédiation devrait être apportée dans l'hypothèse de PSM :
- Quand l'administration renonce légalement à faire procéder à la destruction d'ouvrages illégaux ou dommageables à l'écosystème estuarien et littoral alors qu'elle le pourrait. Ou bien quand l'exploitation de la mangrove pour la carcinoculture persiste en zone d'usage durable, malgré la proximité de mangroves situées dans une zone de préservation permanente et qui devraient pourtant être très sévèrement protégées, et sans contrôle des conséquences des bâtisses ou équipements, sans collecte ni traitement et élimination appropriée des effluents et des déchets, et sans l'assurance du maintien de la qualité de l'eau et du sol (ces dégradations sont exportées vers la zone de préservation permanente sans réaction publique).
 - Le non-respect ou la prise en compte insuffisante des recommandations jurisprudentielles : l'exemple récent de la zone Foz do Amazonas, dans l'État d'Amapá, est souvent décrit. Le procureur lié au ministère public fédéral avait rendu une recommandation le 19 avril 2018 contre l'octroi d'une autorisation environnementale (licence) à l'entreprise française pétrolière Total, licence qui aurait permis de commencer des activités d'exploration pétrolière sur certains blocs acquis en 2013 au large de l'embouchure de l'Amazone. La motivation de la recommandation du procureur se fondait sur la découverte récente du « récif corallien de l'Amazone » (environ 56 000 km²) et sur l'insuffisance de l'étude d'impact fournie. L'Ibama, destinataire de cette recommandation, devait trancher. En 2019, de nouveaux carrés de concessions sont pourtant mis à disposition pour le forage sous la mer, sur le récif ou à proximité.
 - Le paradoxe brésilien : avec 3 661 000 km² d'eaux marines sous contrôle juridique – moins productives que celles bordant d'autres États latins –, le Brésil est confronté à la surpêche, la surexploitation des stocks et l'effondrement des espèces, sans arriver à instituer des aires marines protégées en quantité suffisante dans sa ZEE. Ces AMP soutiendraient pourtant la pêche en ZEE (seulement 1,5 % de la ZEE abriterait des AMP contre 23,4 % en mer territoriale [Francini-Filho *et al.*, 2018]).

Conclusion

- 68 Au Brésil, le droit de l'aménagement du territoire terrestre bordant l'océan existe, avec un partage des biens environnementaux et des actions entre sphères fédérale, étatique et municipale. La *zona costeira*, délimitée selon divers plans, inclut la part littorale terrestre, se confond avec les limites des municipalités littorales, et fait quelques incursions en mer territoriale. La gestion territoriale y traite des questions de l'occupation du territoire et du voisinage avec les espaces naturels sous des angles prioritaires (la salubrité par exemple).
- 69 Les cartographies de l'utilisation des rivages, estuaires, et sous-sols de la mer territoriale (cartes qui ne constituent pas la planification), montrent des zones considérables – concédées par les pouvoirs publics – dans l'Atlantique. Aux rares périmètres d'aires protégées récifales et littorales (dans les 12 milles marins ou au-delà) s'ajoutent de nombreuses surfaces réservées, tels les blocs d'exploitation ou d'exploration des pétroles, gaz et minerais ; ces surfaces sont bien visibles au large des États fédérés du Paraná (sud) et de Espírito Santo (nord), attribués dans les bassins de Santos (*bacia de Santos*), de Campos (*bacia de Campos*), de Espírito Santo (*bacia de Espírito Santo*) par exemple (fig. 6).
- 70 En vue d'une PSM, des solutions à la sur-anthropisation de l'espace par des activités, à emprises fixes essentiellement, ou mobiles, doivent être identifiées. Ces zonages accompagnent des planifications ou programmations industrielles, non naturalistes, destinées à multiplier ou intensifier les activités, telles que l'aquaculture ou les hydrocarbures et le pré-sel. Par conséquent, des questions de sécurité et de santé publique vont se poser en mer territoriale ainsi que dans les eaux sous juridiction (MUXAGATO et LE PRIOUX, 2011).
- 71 Déplacer l'intérêt des planificateurs, depuis le « tout littoral » vers des sites côtiers, et au-delà, se fera d'autant plus facilement si les sciences littorales et océaniques montrent pourquoi agir sur les espaces marins éloignés contribue à maintenir des avantages et services côtiers.

BIBLIOGRAPHIE

BRADAO ERALDO J., 2011

O ecossistema manguezal: aspectos ecológicos e jurídicos. *Revista do Curso de Direito da Uniabeu*, 2 (11) : 2-16. <https://revista.uniabeu.edu.br/index.php/rcd/article/view/231>

CABRAL N. R. A. J., SOUZA DE M. P., 2005

Area de proteção ambiental: planejamento e gestão de paisagens protegidas, Rima, 2^e éd., Sao Carlos, 160 p.

DA SILVA LEITE NOURY K., 2014

L'évolution des mesures juridiques d'aménagement et de conservation des mangroves. Une composante difficile de la gestion des zones côtières engagée dans les États Pernambuco, Alagoas, Santa Catarina,

Amapá et Maranhão (Brésil). Mémoire de master 2 en droit de l'urbanisme et de l'environnement, université de Perpignan.

DA SILVA LEITE NOURY K., GALLETTI F., 2022

Introduction au droit et à la gestion de la zone côtière et maritime au Brésil. Le cas des mesures dédiées aux mangroves côtières. Rapport de travail, préparatoire à publication, 175 p.

DA SILVA LOUREIRO FILHO L., 2014

A competência do município na zona costeira urbana, tese de doutorado, (dir.) Pr. Odete Medauar, Fac. De Direito da Universidade de São Paulo, Brazil, 225 p.

DELELIS C. J., REDHER T., CARDOSO T. M., 2010

Mosaïques d'aires protégées : réflexions et propositions de la coopération franco-brésilienne. Ministério do meio ambiente, Embaixada de França no Brazil, 148 p.

FOTSO P., 2019

Les conditions juridiques d'intégration environnementale dans la planification spatiale marine (PSM). Analyse d'opportunité de diffusion d'un processus public en Atlantique tropical (Cap-Vert, Sénégal et Brésil), à l'aune de l'expérience de L'Union européenne. Thèse en droit public, Univ. de Brest, France, 479 p.

FRANCINI-FILHO R. B., LEITE FERREIRA C. E., MELLO T. J., LEITE PRATES A. P., NOVAES SILVA V., 2018

Diagnóstico biológico e sócio-econômico para a proposta de criação de uma área de proteção ambiental (APA) e um monumento natural marinho (Mona) no Arquipélago São Pedro e São Paulo. Diaro Oficial de Uniao – Seção 3, n° 16, 23 de Janeiro, consulta ICMBio. 26 p, https://documentacao.socioambiental.org/ato_normativo/UC/3046_20180320_092410.pdf

FREITAS M. A. P. DE, 2011

Zona costeira e meio ambiente. Aspectos Jurídicos. 5a reimpr, Curitiba, Juruá, 232 p.,

GALLETTI F., 2014

« La protection juridique des réseaux écologiques marins. Compétences et implications du droit de la mer contemporain », In Sobrino Heredia J. M. (dir.) : *La contribution de la Convention des Nations unies sur le droit de la mer à la bonne gouvernance des mers et océans*, Napoli, Editoriale scientifica :765-791.

GALLETTI F., CHABOUD C., 2015

« Aires marines protégées et résistance aux risques. Une fonction rénovée, pour de nouvelles politiques publiques ? », In Bonnin M., Laë R., Behnassi M. (éd.) : *Les aires marines protégées. Défis scientifiques et enjeux sociétaux en Afrique Nord-Ouest*, Montpellier, IRD éditions : 81-93.

GALLETTI F., DA SILVA LEITE NOURY K., 2022

« A dependência do direito internacional contemporâneo do mar em relação a dados multidisciplinares/La dépendance du droit international de la mer contemporain aux données pluridisciplinaires », In Menezes W. (coord.), Mourão Sachett B. (org.) : *Direito do mar e transdisciplinaridade*, Vol. 2, Arraes editores, Belo Horizonte, 24 p.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2010-2011

Censo Demográfico 2010; e Diretoria de Geociências, Coordenação de Geografia. <http://www.mma.gov.br/gestao-territorial/gerenciamento-costeiro>

ICMBIO, 2018

Governo cria cinco unidades de conservação. Comunicação ICMBio, Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. <http://www.icmbio.gov.br/porta/ultimas-noticias/20-geral/9543-governo-cria-cinco-unidades-de-conservacao>

INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE PERNAMBUCO, 2012

Recife, relatório de impacto ambiental. Rima, Recuperação da Orla Marítima-Municípios de Jaboatão dos Guararapes, Recife, Olinda e Paulista (Pernambuco). 98 p. http://www.cprh.pe.gov.br/downloads/rima_recuperacao_orla_maritima.pdf

LAGECI/GAIGERCO/LEGECE, 2020

Relatório técnico Construção de estratégia para acompanhamento da execução dos Planos de Gestão Integrada da Orla Marítima elaborados, Florianópolis, (13 p.) ; Relatório técnico Análise dos cinco manuais do Projeto Orla à luz do TAGP e das novas normas Relatório técnico, análise dos cinco manuais do projeto orla à luz do tagp e das novas normas, Florianópolis,(13 p.) ; Relatório técnico Metodologia de avaliação dos Planos de Gestão Integrada da Orla entregues com base no conteúdo exigido pelo Termo de Adesão a Gestão de Praias e boas práticas reconhecidas, Florianópolis (10 p.).

MARETTI C., LEÃO A. R., PRATES A. P., SIMÕES E., SILVA RICARDO B. A., RIBEIRO KÁTIA T., GELUDA L., SAMPAIO MANOEL S., MARQUES FERNANDA F. C., LOBO ANNA C., DE LIMA LUÍS H., PACHECO LEONARDO M., MANFRINATO WARWICK A., LEZAMA A. Q., COUTO MATHEUS T. P., PEREIRA PAULA M., GIASSON MOARA M., CARNEIRO PAULO H. M., DE OLIVEIRA FILHO ALDÍZIO L., BRITO BERNARDO F. A., POMPEU M. S., DUTRA G. F., NOTTINGHAM MARA C., PALAZZI G., HESSEL F. O., LIMA ANDRÉ L., SANTOS BRUNA DE VITA S., MEDEIROS R., OLIVEIRA M. M., PIRES MAURO O., ASSAD M., PEREIRA MARIANA G., KINOUCI M. R., SUBIRÁ R. J., 2019

Marine and coastal protected and conserved areas strategy in Brazil: context, lessons, challenges, finance, participation, new management models, and first results. *Aquatic Conserv: Mar Freshw Ecosyst*, 29 (2) : 44-70. <https://www.doi.org/10.1002/aqc.3169>

MARSAC F., GALLETTI F., TERNON J.-F., ROMANOV E. V., DEMARCQ H., CORBARI L., BOUCHET P., ROEST W. R., JORRY S. J., OLU K., LONCKE L., ROBERTS M. J., MÉNARD F., 2019

Seamounts, plateaus and governance issues in the southwestern Indian Ocean, with emphasis on fisheries management and marine conservation, using the Walters Shoal as a case study for implementing a protection framework. *Deep-Sea Research II. Topical Studies in Oceanography*, 176 : 104715. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2019.104715>

MEDEIROS DE F. L. F., DA ROCHA M. H., 2011

Como se preparar para o Exame de Ordem, Ambiental. Método, vol. 11, Sao Paulo, 171 p.

MINISTERIO DO MEIO AMBIENTE, 2008

Macro Diagnóstico da Zona Costeira e Marinha do Brasil. Catalogação na fonte Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. E68 Brasília, MMA, 242 p.

MUXAGATO B., LE PRIOUX B., 2011

La découverte des gisements d'hydrocarbures du « pré-sel » : un défi pour l'avenir du Brésil. *Sécurité globale*, 15 (1) : 123-142. <https://doi.org/10.3917/secug.015.0123>

OLIVEIRA C. C., COELHO L., 2015

Os limites do planejamento da ocupação sustentável da zona costeira, *Revista de Direito Internacional. Brazilian Journal of International Law*, 12 : 126-148.

PRATES A. P. L., GONÇALVES M. A., ROSA M. R., 2012

Panorama da conservação dos ecossistemas costeiros e marinhos no Brasil. Brasília, Ministério do Meio Ambiente, 152 p.

QUEFFELEC B., BONNIN M., FERREIRA B., BERTRAND S., TELES DA SILVA S., DIOUF F., TROUILLET B., CUDENNEC A., BRUNEL A., BILLANT O., TOONEN H., 2021

Marine spatial planning and the risk of ocean grabbing in the tropical Atlantic. *ICES Journal of Marine Science*, 78 (4) : 1196-1208. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsab006>

ROS N., 2019

« La privatisation des mers et des océans : du mythe à la réalité ». In Chaumette P., Pons M. (dir.) : *Le droit de l'océan transformé par l'exigence de conservation de l'environnement marin* : 169-188. <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-02396208>

SEMAS, SECRETARIA DO ESTADO DE PERNAMBUCO, C. P. R. H., 2017

Proposta de criação: Área de Proteção ambiental marinha Recifes Serrambi, Governo do Estado de Pernambuco, 75 p.

SILVA, J. S., FARIAS FILHO, M. S., 2015

Instrumentos legais de prevenção de impactos ambientais na zona costeira: estratégias integradas de gestão territorial, *Remea-Revista Eletrônica Do Mestrado Em Educação Ambiental*, 32 (2) : 7-25.

SOS MATA ATLÂNTICA, 2014

Uma lei para o mar: uso e conservação para o benefício de todos. São Paulo, Fundação Mata Atlantica, 26 p. <https://www.sosma.org.br/wp-content/uploads/2014/06/Cart-MAR-Online.pdf>

SPU, LAGECI/GAIGERCO/LEGECE, 2019

Gestão de praias marítimas Incentivos à assinatura do Termo de Adesão à Gestão das Praias Marítimas (TAGP). Florianópolis, Ministério da Economia, 26 p.

TELES DA SILVA S., 2016

Regards croisés sur les méthodes de la doctrine environnementaliste au Brésil. *Revue juridique de l'environnement*, hors-série 16 : 241-253.

VILLELA MARRONI E., 2014

Importance of public policy for blue Amazon marine spatial planning. *Development Studies Research*, 1 : 161-167. <https://doi.org/10.1080/21665095.2014.919233>

NOTES

1. La zone côtière est incluse dans la mer territoriale selon la loi n° 7 661 du 6 mai 1988.
2. Cette estimation de 10 800 km est extraite d'études sur la représentativité des écosystèmes côtiers du Sistema Nacional de Unidades de Conservação incluant les découpes et recoins naturels de la côte brésilienne (PRATES *et al*, 2012, p. 11.).
3. Selon l'Institut national brésilien de géographie et de statistiques, <http://www.mma.gov.Br/gestao-territorial/gerenciamento-costeiro>; consultation 2021, à partir du recensement démographique (Censo Demográfico) fait par IBGE en 2010/2011
4. Site du ministère brésilien de l'Environnement : <http://www.mma.gov.br/gestao-territorial/gerenciamento-costeiro%20consulte%20le%2010/07/2019>
5. Art. 225 - §4 : « La forêt amazonienne brésilienne, la forêt littorale atlantique, la Serra do Mar, le Pantanal du Mato Grosso et la zone côtière constituent un patrimoine national ; leur utilisation se fait selon les formes de la loi et dans des conditions garantissant la préservation de l'environnement, y compris en ce qui concerne l'usage des ressources naturelles ». Constitution fédérale brésilienne du 5 octobre 1988. <https://wipo.lex.wipo.int/fr/text/218254>
6. Lei n° 7.661, de 16 de Maio de 1988 institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro e dá outras providências. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L7661.htm
7. Lei n° 6.938/81 Política Nacional do Meio Ambiente : http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm
8. <https://www.mma.gov.br/gestao-territorial/gerenciamento-costeiro>, voir base-legal-gerco

9. Decreto n° 5.300 de 7 de dezembro de 2004, Regulamenta a Lei no 7.661, de 16 de maio de 1988, que institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro - PNGC, dispõe sobre regras de uso e ocupação da zona costeira e estabelece critérios de gestão da orla marítima, e dá outras providências.

10. IV Plano de Ação Federal para a Zona Costeira 2017-2019 (PAF-ZC).

11. Dans la Constitution fédérale de 1988, selon l'article 21, il appartient à l'Union : IX - d'élaborer et d'exécuter les plans nationaux et régionaux d'aménagement du territoire et de développement économique et social ; et selon l'article 22, il appartient exclusivement à l'Union de légiférer sur : I - le Droit civil, commercial, pénal, procédural, électoral, agraire, maritime, aéronautique, de l'espace et du travail ; mais selon l'article 23 il est de la compétence commune de l'Union, des États, du District fédéral et des Municipalités : VI - de protéger l'environnement et de combattre la pollution sous toutes ses formes ; VII - de préserver les forêts, la faune et la flore ; et selon l'article 24, il appartient à l'Union, aux États et au District fédéral de légiférer concurremment sur : VI - les forêts, la chasse, la pêche, la faune, la conservation de la nature, la défense du sol et des ressources naturelles, la protection de l'environnement et le contrôle de la pollution ; VII - la responsabilité pour les préjudices portés à l'environnement, aux consommateurs, aux biens et droits de valeur artistique, esthétique, historique, touristique ou liée aux paysages. Constitution disponible à : <https://wipo.lex.wipo.int/fr/text/218254>

12. Dans la Constitution fédérale de 1988, il est par exemple inscrit à l'article 24 :

- § 1 : « Dans le domaine de la législation concurrente, la compétence de l'Union se limite à édicter les normes générales ».

- § 2 : « La compétence de l'Union pour légiférer sur les normes générales n'exclut pas la compétence supplétive des États ».

- § 3 : « En l'absence d'une loi fédérale sur les normes générales, les États exercent la compétence législative pleine dans le respect de leurs particularités ».

- § 4 : « Lorsque survient une loi fédérale sur les normes générales, celle-ci suspend l'effet de la loi subfédérale en ce qui lui est contraire ».

13. Lei n° 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências.

14. Voir la partie suivante sur les dégradations des mangroves.

15. Lei 6.938 de 31 de agosto de 1981, Art. 6, IV-Órgãos executores : o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA e o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - Instituto Chico Mendes http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938.htm (consulté le 10/07/2019).

16. Lei 9.966/2000 de 28 de Abril de 2000 dispõe sobre a prevenção, o controle e a fiscalização da poluição causada por lançamento de óleo e outras substâncias nocivas ou perigosas em águas sob jurisdição nacional e dá outras providências, Art. 2, XXII-XXII - autoridade marítima http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9966.htm

17. Lei Complementar 140, de 8 de Dezembro de 2011. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lcp/lcp140.htm

18. « Termo de Adesão à Gestão de Praias » (TAGP) traduit par « accord de gestion des plages ».

19. Projet de loi n° 6 969/2013 instituant la politique nationale pour la conservation et l'utilisation durable du biome marin brésilien (PNCMar) et portant autres dispositions, https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/ficha_de_tramitacao?IdProposicao=604557

20. Assemblée législative de Pernambuco, 2018 (http://www2.cprh.pe.gov.br/wp-content/uploads/2021/01/lei_apo_mar_recife.pdf).

21. Plan national de gestion côtière.

22. Plan d'étude du plateau continental brésilien.

23. Plan sectoriel pour les ressources maritimes.

24. Système d'observation des océans brésilien.

25. Conseil national pour le développement scientifique et technologique

AUTEURS

KATIUSCIA DA SILVA LEITE NOURY

Juriste de l'environnement, Centre pour l'étude du droit de la mer « Vicente Marotta Rangel »
(Cedmar-USP), Brésil.

FLORENCE GALLETI

Juriste en droit de la mer, Marbec, IRD, France

Chapitre 8. Opportunités et limites de la planification spatiale marine au Sénégal

Ibrahima Ly, Odeline Billant, Fatou Ndiaye, Mohamed Diedhiou, Moustapha Ngaido, Mamadou Aliou Diallo, Mamadou Bassirou Ndiaye, Souleye Ndao et Marie Bonnin

- 1 Au Sénégal, l'accès à l'océan et à ses usages représente un élément central de l'économie nationale et locale. Le secteur de la pêche, considéré parmi les secteurs prioritaires de l'économie nationale, occupe une place importante en raison de sa contribution à la sécurité alimentaire, et à la création de revenus et d'emplois (ANSD, 2020). Ainsi, au titre de l'axe 1 du Plan Sénégal Émergent (PSE 2014-2035), les activités de la pêche et d'aquaculture ont vocation à contribuer à « la transformation de la structure de l'économie dans le sens de soutenir une dynamique de croissance forte et durable ». Rien que le secteur de la pêche représentait, entre 2009 et 2013, une source de revenus pour plus de 600 000 personnes. La contribution de la pêche à la richesse nationale est quasi stationnaire, oscillant entre 1,7 % et 1,8 % du produit intérieur brut (PIB)¹, montrant le dynamisme de ce secteur. La Lettre de politique sectorielle de développement de la pêche et de l'aquaculture (LPSDPA 2016-2023) s'inscrit dans cette vision du PSE et définit les priorités d'action du gouvernement dans le domaine de la pêche et de l'aquaculture.
- 2 Si la mer fournit des services clés à l'économie sénégalaise, son maintien en bon état pâtit du développement d'activités humaines à terre et en mer. On compte notamment le développement des activités portuaires, du transport maritime, de la pêche industrielle et de l'aquaculture, du tourisme côtier et des câbles sous-marins. La disparition de nombreux habitats naturels et la fragilisation des écosystèmes côtiers affectent la qualité et la quantité des ressources naturelles particulièrement nombreuses et importantes dans cette zone écologiquement et biologiquement fragile (LEFEBVRE, 2011) (sur l'importance des données biologiques, voir l'encadré 1).
- 3 La mise en œuvre de plans de planification spatiale marine (PSM) pourrait mettre en cohérence des politiques publiques permettant d'analyser et de répartir, dans le temps

et dans l'espace, les activités humaines dans les zones marines afin d'atteindre des objectifs écologiques, économiques et sociaux habituellement déterminés par un processus politique². La PSM est donc à la fois un défi et un enjeu prioritaire pour le Sénégal.

- 4 Dès lors, quels sont les éléments moteurs et les freins à la mise en œuvre de la PSM au Sénégal ? Si l'incitation régionale au développement de la PSM en Afrique de l'Ouest est forte (première partie de ce chapitre), il n'en demeure pas moins qu'il faudra prendre en compte et répondre à des défis au niveau national pour une PSM fonctionnelle et dans l'intérêt du peuple sénégalais (seconde partie).

Encadré 1. Les données scientifiques : un préalable nécessaire à la PSM

Malick DIOUF

La problématique de la gestion du milieu marin et côtier face au dérèglement climatique et aux activités anthropiques pose la question d'une planification spatiale stratégique et coordonnée. D'ailleurs, comme dit par EHLER et DOUVRE (2007), il s'agit d'un « processus public pour analyser et localiser la distribution spatiale et temporelle des activités humaines en tenant compte des objectifs écologiques, économiques et sociaux ». Naturellement, ceci devrait être ponctué par des processus politiques incarnés par les États dans leurs zones économiques exclusives (ZEE). Dans ce sens, les plans de gestion des eaux sous juridiction internationale, élaborés par les États ou par les organisations des Nations unies, reposent sur un certain nombre d'éléments d'appréciation qui aident à la prise de décision. Par conséquent, chaque État qui se veut respectable et respecté doit se doter d'entités en charge du secteur maritime afin d'être en mesure de renseigner les principaux indicateurs d'aide à la prise de décisions et faciliter la réalisation de plans d'aménagement de l'espace marin et côtier.

À entendre les niveaux de discussion sur l'état des connaissances, la structuration de la recherche et les moyens engagés pour alimenter la réflexion sur les politiques de gestion, les pays en voie de développement ont un défi majeur à relever sur tous ces plans... Dans le contexte des pays côtiers au sud du Sahara, confrontés à des problèmes de sécurité alimentaire et de pollutions, une bonne couverture des champs disciplinaires s'impose. Au Sénégal en particulier, après les indépendances, la recherche était orientée vers l'agriculture *sensu stricto* avec une très bonne représentation à travers le pays contrairement au secteur maritime. Le Centre de recherche océanographique Dakar-Thiaroye (CRODT), créé avant les indépendances, était alors la seule structure en charge des problématiques liées à l'océan. Il a fallu attendre 2003 pour voir la naissance des premières universités. Or, les années de sécheresse ont favorisé un regain d'intérêt pour les activités marines. La côte est devenue ainsi un enjeu économique de taille. À titre d'exemple, la pêche artisanale maritime avec ses 14 930 pirogues actives, a débarqué 83 % de la production halieutique au Sénégal, soit une valeur commerciale de 156 milliards d'US \$ en 2021 (source non publiée, ministère des Pêches et de l'Économie maritime). À cela viennent s'ajouter les autres activités économiques liées à la mer ainsi que le bien-être humain. La recherche, telle que structurée actuellement, n'est pourtant pas en mesure de répondre aux attentes des politiques. En dépit des efforts menés, l'état des connaissances de la ZEE au Sénégal reste encore insuffisant et ne permet pas une gestion avisée, avec :

1. une insuffisance notoire du personnel ;
2. une programmation inadéquate et ;
3. un manque criant de financement.

Le développement de la recherche dans les ZEE – en tant que patrimoine national – doit être à la charge de structures nationales, avec des moyens provenant des États pour une pérennisation des activités. Les instances de décision accordent peu de crédibilité aux instances d'informations scientifiques. Pourtant, les démarches de PSM nécessitent des recherches fondamentales et appliquées. Pour une durabilité des politiques de gestion de l'écosystème marin, il est opportun de trouver une aide économique et financière pour la recherche dans les pays côtiers au sud du Sahara et d'anticiper les éventuels problèmes qui pourraient affecter la santé de nos océans.

Pour en savoir plus

EHLER E., DOUVRE F., 2007

Visions for a sea change. Technical report of the International Workshop on Marine Spatial Planning, 8-10. Paris, International Oceanographic Commission/Unesco, Manual & Guides n° 46, dossier 3.

Un cadre juridique favorable à l'institution de la PSM

- 5 Si un accord régional ou national spécifique à la PSM n'a pas encore émergé, la diversité des activités économiques en mer a mis en exergue la nécessité de tenir compte de l'intérêt d'une gestion coordonnée. Ainsi, au niveau régional, le système conventionnel d'Abidjan offre un cadre et une orientation stratégique pour le développement de la PSM en Afrique de l'Ouest. Les instruments officiels de planification régionale portés par l'Union africaine (UA) pourraient constituer un appui supplémentaire à son développement.

Le système conventionnel d'Abidjan : un cadre pour le développement de la PSM en Afrique de l'Ouest

- 6 La Convention d'Abidjan relative à la coopération pour la protection et la mise en valeur du milieu marin et des zones côtières, signée le 23 mars 1981 à Abidjan (Côte d'Ivoire), a été ratifiée le 23 juillet 1982 par le Sénégal³. Elle est entrée en vigueur le 5 août 1984. Au total, plus de vingt-deux États font partie de la zone couverte par la convention, dont dix-neuf l'ayant ratifié. Quatre protocoles additionnels ont été signés, mais ne sont pas encore ratifiés⁴.
- 7 Parmi ces textes, le protocole additionnel relatif à la gestion intégrée des zones côtières vise à constituer un cadre de gestion et de renforcement de la coopération régionale pour une meilleure protection et préservation des côtes des États parties. Il a pour objectifs, notamment, la promotion, la planification intégrée et le développement coordonné des zones côtières, des zones insulaires et des bassins fluviaux, la promotion et le maintien de la résilience des écosystèmes face aux activités humaines, les aléas naturels et les changements climatiques y compris la protection adéquate des zones sensibles et la prévention et la réduction de la pollution provenant de sources aériennes, terrestres et marines. Le protocole relatif à la gestion intégrée des zones

côtières est complété par sept annexes thématiques⁵. Les objectifs de la gestion intégrée des zones côtières sont proches de ceux de la PSM qui a pour buts « de garantir l'utilisation durable des ressources naturelles et des services d'écosystèmes » ainsi que « de promouvoir et maintenir la résilience des écosystèmes face aux activités humaines »⁶.

- 8 Le protocole additionnel à la Convention d'Abidjan relatif à la gestion durable des mangroves fait également référence à la conciliation du milieu terrestre et de l'océan. En effet, selon l'article 2.ii du protocole, la « mangrove désigne, toute espèce animale ou végétale, adaptée à la salinité des écosystèmes côtiers des régions intertropicales soumises à des échanges entre le milieu terrestre et l'océan ». La définition de la mangrove est beaucoup plus révélatrice de la PSM dans la mesure où elle peut être considérée comme établissant la connexion entre le milieu terrestre et l'océan. La mangrove demeure cependant en elle-même une ressource établissant un lien entre des activités humaines en mer et sur les zones côtières. Par exemple, les écosystèmes de mangrove font l'objet de diverses activités génératrices de revenus, mais surtout de protection des rivages.
- 9 Le protocole additionnel à la Convention d'Abidjan relatif à la gestion durable des mangroves fait également référence à la conciliation des activités humaines en mer dans certaines de ses dispositions, notamment à l'article 7-2 et l'article 8 qui visent la protection des mangroves face à l'exploitation anthropique de la mer.
- 10 Les principes de gestion durable des ressources de l'écosystème mangrove, énumérés à l'article 4 du protocole (par ex. le droit à l'information, à la participation et à l'accès à la justice, l'approche de gestion écosystémique), intéressent également les processus de PSM. Il importe de souligner également que le protocole contient des annexes⁷ qui sont essentielles en matière de PSM. Par exemple, l'annexe 2 sur la valorisation durable des ressources de l'écosystème mangrove classe les pratiques qui peuvent impacter négativement la mangrove, notamment l'aménagement de ports de pêche, de ports minéraliers et/ou de plateformes d'exploitation pétrolière.
- 11 Le protocole additionnel à la Convention d'Abidjan relatif à la coopération en matière de protection et de mise en valeur du milieu marin et côtier de la région de l'Afrique occidentale, centrale et australe contre la pollution due aux sources et activités terrestres, contient plusieurs dispositions intéressant la mise en place de la PSM.
- 12 La zone géographique à laquelle s'applique le présent protocole (ci-après dénommée « zone du protocole »), correspond à celle définie à l'article 1 de la convention et comprend le milieu marin, les zones côtières et les eaux intérieures tombant sous la juridiction des États de la région de l'Afrique occidentale, centrale et australe, de la Mauritanie à l'Afrique du Sud. Le protocole précise que « les Parties contractantes adoptent et appliquent des législations et réglementations nationales visant à faciliter le plus possible l'accès du public aux données et informations pertinentes sur la pollution et la dégradation causées dans la zone du protocole par les sources et activités terrestres, sur les mesures prises pour prévenir, réduire, atténuer et combattre leurs effets délétères, et sur l'efficacité de ces mesures, en tenant compte des dispositions des instruments internationaux concernant l'accès du public à l'information sur l'environnement »⁸. Les défis de l'article 6 matérialisent sans doute la nécessité de la cohérence des mesures dynamiques entre le milieu marin et terrestre.
- 13 Les États Parties doivent prendre toutes mesures appropriées pour prévenir, réduire, combattre et maîtriser dans la zone du protocole la pollution résultant des activités

d'exploration et d'exploitation en mer et s'assurent, en particulier, que les meilleures techniques disponibles, les meilleures pratiques environnementales, écologiquement efficaces et économiquement appropriées, sont mises en œuvre⁹.

- 14 L'article 17.2 relatif à l'établissement des rapports précise que « les rapports [...] doivent contenir : e) des informations sur les activités entraînant une modification du littoral, d'habitats situés le long de ce dernier et des bassins hydrographiques connexes ». Les exigences imposées par cette disposition permettent donc de dégager les perspectives d'un cadre d'actions cohérentes de lutte contre la pollution due aux sources et activités terrestres par les différents acteurs.
- 15 Ainsi, les différents protocoles additionnels de la Convention d'Abidjan participent à l'incitation régionale à mettre en place des dispositifs de PSM. L'UA va plus loin, avec une ambition et une stratégie maritime continentale.

Vers une PSM régionale : l'ambition de l'UA

- 16 Soixante-dix pour cent du PIB du continent africain proviennent de l'économie maritime encore appelée économie « bleue ». Celle-ci concerne toutes les étendues d'eau et les rives et implique plusieurs activités économiques telles que la pêche, l'aquaculture, le tourisme, les transports, la construction navale, l'énergie, la bioprospection et toutes les filières du secteur minier sous-marin. En reconnaissance de la place de l'économie bleue dans l'économie africaine, l'UA a adopté en 2012, la Stratégie africaine intégrée pour les mers et les océans - Horizon 2050 (stratégie AIM 2050) (UA, 2012). Elle vise à favoriser la création d'une plus grande richesse des océans et des mers d'Afrique en développant une économie bleue florissante, durable, sécurisée et respectueuse de l'environnement.

Historique de la zone exclusive maritime commune de l'Afrique

- 17 Le commerce intra-africain est au centre des préoccupations de l'UA¹⁰ en ce qu'il permet de réduire la dépendance du continent au commerce international. La mise en œuvre d'une zone maritime commune offrirait à l'Afrique d'importants « avantages géostratégiques, économiques, politiques, sociaux et sécuritaires, car elle susciterait des efforts collectifs et permettrait de réduire les risques de menaces transnationales, les dégâts environnementaux, la contrebande et le trafic d'armes » (UA, 2012). Cette ambition est incarnée par le projet de création d'une zone exclusive maritime commune en Afrique, connue sous l'acronyme CEMZA.
- 18 Le concept de CEMZA est né de la Stratégie africaine intégrée pour les mers et les océans - Horizon 2050 (AIM 2050). La CEMZA y est définie comme « un espace maritime africain sans barrières » dont l'objectif est de « stimuler le commerce intra-africain » en éliminant ou en simplifiant les procédures administratives dans le transport maritime au sein de l'UA. La CEMZA ne vient pas générer un nouveau type de zone à l'instar de la zone économique exclusive, mais vise à éliminer ou simplifier les procédures administratives dans le transport maritime au sein de l'UA, contribuant ainsi à l'intégration du marché intérieur pour les échanges et les services maritimes intra-UA. La Stratégie reste assez vague dans l'opérationnalisation de la CEMZA, la prévoyant « en temps opportun » (UA, 2012, p. 17). De même, ses limites géographiques ne sont pas clairement explicitées (VRANCKEN, 2020). Elle prévoit néanmoins la création

d'un « groupe de travail spécial stratégique chargé de préparer le dossier technique » qui devra notamment contenir les limites géographiques de la CEMZA.

- 19 Ainsi, la stratégie AIM 2050 constitue davantage une « déclaration solennelle » d'intention de création de cet espace maritime partagé qu'un véritable plan d'action. Le régime juridique applicable, les règles de fonctionnement et le processus de constitution de cet espace restent à imaginer.

La CEMZA, des ambitions conformes aux objectifs de la PSM ?

- 20 L'objectif de la PSM est d'organiser la répartition spatiale et temporelle des activités humaines qui se déroulent en mer, afin de promouvoir la croissance durable des économies maritimes, le développement durable des espaces maritimes et l'utilisation durable des ressources marines. Partant de cet objectif, la CEMZA pourrait constituer un cadre commun de gestion partagée de l'espace maritime, et à plusieurs titres, une initiative rattachable à une forme de PSM régionale.
- 21 En termes d'objectifs, la création de la CEMZA coïncide avec plusieurs des objectifs visés par l'établissement de la PSM. En effet, la CEMZA vise, en plus de la valorisation d'intérêts économiques et commerciaux, la protection de l'environnement et la défense de secteurs représentant des sources de revenus substantielles pour les populations côtières tels que la pêche et l'aquaculture (Stratégie AIM 2050, UA, 2012). Si la Stratégie AIM 2050 ne définit pas le poids respectivement accordé à chaque pilier (c'est-à-dire économique, social et environnemental) dans l'élaboration et la mise en œuvre de la zone commune, on peut retrouver là encore une similarité avec les projets de mise en œuvre de PSM dans d'autres régions.
- 22 La mise en œuvre d'une CEMZA impose également une volonté commune et partagée des États africains de réguler et d'aménager l'espace maritime, et l'établissement d'un partage de compétences. C'est une problématique que l'on retrouve au niveau national dans la PSM qui nécessite déjà, bien qu'à une échelle moindre, la coordination de plusieurs ministères et agences relatives au milieu marin et aux activités qui y ont lieu. Pour qu'une CEMZA voie le jour, il faudra une forte volonté politique des dirigeants africains, une coopération renforcée et une coordination efficace de toutes les politiques liées au domaine maritime. Étant donné que tous les États membres de l'UA seront impliqués pour la mise en place et le fonctionnement d'une CEMZA, le jeu d'acteurs ne se limite pas aux États côtiers. D'autres acteurs non (ou para) gouvernementaux seront également amenés à intervenir, tels que les communautés locales, les institutions et associations régionales spécialisées, le secteur maritime africain privé, les partenaires stratégiques au développement et la communauté internationale dans son ensemble et, notamment, les organisations africaines, le secteur privé et les partenaires internationaux du développement.

Des défis nationaux à la mise en œuvre de la PSM

- 23 L'incitation supranationale à planifier l'espace marin est donc forte, mais si la mise en œuvre d'une CEMZA à l'échelle continentale est prévue sur plusieurs décennies, les États africains peuvent, dans le même temps, mettre en œuvre une PSM à une échelle nationale. Le Sénégal doit surmonter une multitude de défis nationaux liés à l'évolution des principes du droit de l'environnement sénégalais et à la sectorialisation des

politiques publiques. À ce titre, l'émergence de l'aménagement terrestre pourrait représenter les prémisses de la PSM. Le cadre institutionnel sénégalais pourrait également être amené à être consolidé.

L'institution de l'aménagement terrestre, une référence pour la future PSM ?

Une loi récente sur l'aménagement et le développement durable des territoires

- 24 La loi n° 2021-04 du 12 janvier 2021 portant loi d'orientation pour l'aménagement et le développement durable des territoires (LOADT)¹¹ « a pour objectif général un développement harmonieux du territoire national » (art. 4). À ce titre, elle constitue la base juridique de la planification spatiale sur le territoire sénégalais terrestre, mais aussi maritime.
- 25 En effet, le domaine maritime fait partie intégrante du territoire national en tant que composante du domaine de l'État¹², qu'il soit qualifié de domaine public maritime naturel¹³ ou artificiel¹⁴.
- 26 Ainsi, cette loi apparaît comme le texte de base du système national de planification du milieu marin et côtier. Son exposé des motifs en est un élément révélateur. Parmi les innovations majeures, il est notamment mentionné « la création d'organes nationaux et territoriaux de l'aménagement et du développement territorial » ou encore « l'introduction de dispositions particulières (...) pour l'aménagement des zones spécifiques et prioritaires du fait notamment de leurs potentialités économiques ou de leur sensibilité écologique ».
- 27 La détermination de ces éléments est un élément clé de la PSM qui concilie l'économie et la conservation de la biodiversité marine. Aussi, malgré l'absence de référence explicite à la PSM dans le texte de la loi, plusieurs concepts y afférents ont été définis en son article 2 tels que l'aménagement du territoire¹⁵, le développement durable¹⁶, le développement territorial, ou encore la zone économique spéciale¹⁷. Le fait que cette loi, non seulement identifie les différentes zones concernées, mais détermine également les autorités compétentes pour leur gestion, témoigne de la volonté du législateur de créer des normes d'équilibre entre les intérêts économiques et les impératifs écologiques qui s'affrontent sur le littoral. En matière de planification, la loi a prévu différents instruments visant notamment à promouvoir la gestion durable de l'environnement et des ressources naturelles. Parmi ces instruments figure le schéma de cohérence territoriale (Scot). Ce dernier peut notamment fixer les orientations fondamentales de l'aménagement, de la protection et de la mise en valeur du littoral et constituer un outil fondamental de mise en œuvre de la PSM.
- 28 La participation du public y est également reconnue comme un principe fondamental à l'article 3¹⁸. La mise en œuvre de ce principe est essentielle dans le cadre de projets de PSM. En effet, les usages et usagers de la mer impactés par ces plans sont multiples et divisés. Rien qu'en matière de pêche, la pêche traditionnelle compose près de 80 % (ANSD, 2016) des débarquements. Cependant, le fait que 95 % (GOUVERNEMENT DE LA RÉPUBLIQUE DU SÉNÉGAL, 2013) de ces emplois soient reconnus comme informels risque de complexifier la mise en œuvre de ce principe.
- 29 Si l'objectif de plans de PSM est de mettre en balance et en perspective les données économiques, environnementales et sociales d'un même problème, il est crucial de

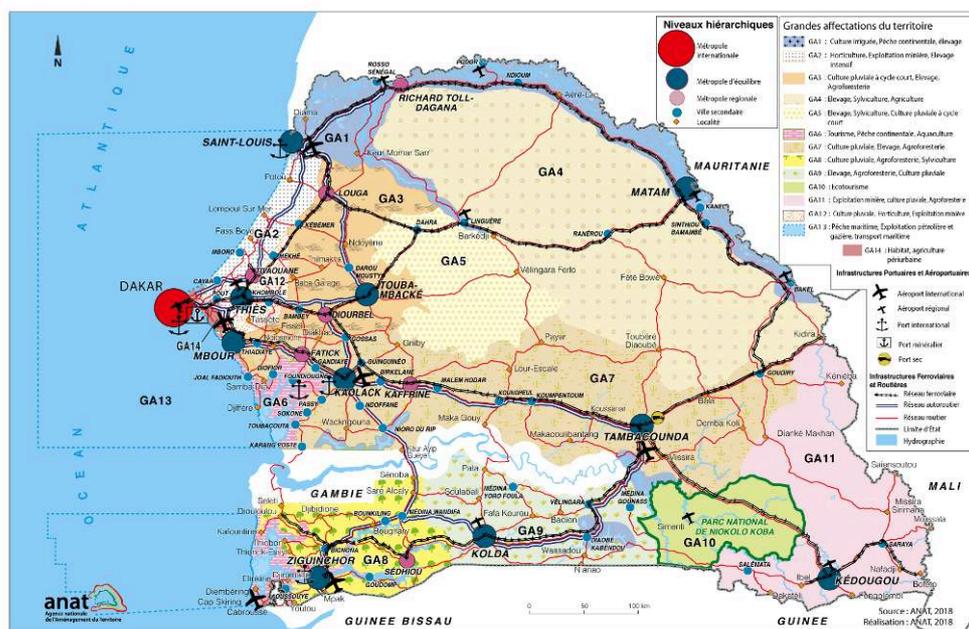
garantir une place et une voix à chaque partie prenante dans le processus d'attribution des espaces. Nous pensons notamment aux petits producteurs ou aux travailleurs informels peu représentés dans les processus politiques. L'enjeu est ici d'éviter ou de minimiser les phénomènes d'accaparement des espaces ou des ressources dénoncés dans certains pays africains (NIASSE, 2011) et dans le cadre de la mise en œuvre de PSM dans le monde. Le principe de participation du public vise à combler ce manque.

- 30 La LOADT consacre également à son article 28, la mise en œuvre dans les zones d'aménagement prioritaires (ZAP) et dans les zones urbaines sensibles (ZUS), des politiques de développement renforcées et territorialement différenciées. En ce qui concerne les ZAP, rien n'empêche l'État d'appliquer la PSM sur une partie du territoire maritime au regard de la LOADT. Il en est de même des zones économiques spéciales qui peuvent être créées dans certaines parties du territoire par l'État en relation avec les collectivités territoriales pour promouvoir la création d'emplois et de richesses (art. 29).
- 31 En ce qui concerne la sectorialisation, la LOADT innove en créant un Observatoire national des territoires (ONT) qui « concourt au suivi et à l'évaluation de la politique d'aménagement et de développement des territoires et constitue un outil d'aide à la décision pour tous les acteurs du territoire » (Art. 30, alinéa 3).

Les perspectives littorales et maritimes du Plan national d'aménagement et de développement territorial

- 32 Le Plan national d'aménagement et de développement territorial (PNADT)¹⁹ constitue un document important pour la PSM. Contrairement au Plan national d'aménagement du territoire (PNAT)²⁰, le PNADT s'est adapté aux exigences de développement durable et particulièrement de la PSM. Ce plan vise à hisser l'aménagement du territoire au rang d'instrument stratégique des politiques publiques.
- 33 Le PNADT pose les jalons d'une répartition des usages du milieu marin et côtier. La figure 1 décrit les activités susceptibles de chevauchement entre les potentiels acteurs. L'objectif principal du PNADT est la prise en compte de tous les acteurs.

Figure 1. Atlas cartographique du PNADT



Source : ANAT (2020)

- 34 Cette figure marque les prémises d'une PSM à l'échelle nationale. Tout cadre de mise en œuvre de la PSM repose sur l'utilisation de la mer. Malgré les nombreux textes juridiques qui s'appliquent, le territoire maritime demeure un espace où se traduit une rivalité positive entre acteurs. Dans ce cadre, les différents usagers de la mer peuvent développer et assurer une meilleure pratique des activités de pêche, d'exploitation pétrolière et gazière, de navigation, etc.
- 35 Le code de l'environnement²¹ indique que ces plans et programmes doivent faire l'objet d'une évaluation environnementale. Aussi, le code comporte des stratégies de planification de l'occupation de l'espace urbain,²² notamment le PNAT précité²³. L'urbanisation mal maîtrisée doit obliger les décideurs à s'orienter sur les délicates questions de la durabilité. L'évaluation des politiques publiques²⁴, nouvelle compétence dévolue à l'Assemblée nationale suite à la révision constitutionnelle de 2016, permet de faciliter la mise en œuvre de la planification spatiale marine au Sénégal. Celle-ci passera forcément par une revue des politiques publiques afférentes à la planification spatiale marine. Après avoir opéré un zonage juridique des différents espaces marins, la PSM suggère en outre que l'on spécialise les institutions compétentes pour leur gestion. Au Sénégal, ces institutions existent, mais hésitent entre spécialisation et nécessité de coopération.

Le cadre institutionnel sénégalais entre sectorialisation et besoins de coopération

- 36 Malgré de récentes évolutions laissant entrevoir une approche plus intégrée à la protection de l'environnement marin, les institutions chargées de l'exploitation de la mer demeurent très sectorialisées, appelant à leur adaptation.

Une nécessaire adaptation des institutions pour mettre en œuvre la PSM

- 37 De nombreuses institutions (ministères chargés de l'urbanisme, de l'environnement, des collectivités territoriales, de la pêche, etc.) sont concernées par la planification spatiale marine. Elles interviennent de manière sectorielle et gèrent des activités spécifiques de l'environnement marin. Ainsi certaines administrations sont compétentes en ce qui concerne la pollution marine, d'autres s'attachent à l'érosion du littoral pendant que d'autres sont investies dans la conservation de la biodiversité marine ou encore dans l'exploitation des ressources marines. L'harmonisation des politiques et textes juridiques constitue un des principaux défis du Sénégal.

Hassmar : une institution à compétence générale

- 38 La Haute Autorité chargée de la coordination de la sécurité maritime, de la sûreté maritime et de la protection de l'environnement marin (Hassmar) a été créée par le décret n° 2006-322 du 7 avril 2006. Aux termes de l'article 3 du décret, elle « est investie d'une responsabilité générale de coordination dans tous les domaines relatifs à la sécurité, à la sûreté et à la protection de l'environnement, dans les eaux maritimes et fluviales sous juridiction sénégalaise ». La Hassmar est la marque d'une première évolution vers une prise en compte globale de l'environnement marin. En effet, les pouvoirs qui lui sont dévolus en matière de protection de l'environnement marin sont divers et variés. L'une de ses compétences consiste à coordonner, en cas d'urgence, en relation avec les administrations concernées, la mise en œuvre du Plan national d'interventions d'urgence en mer (Pnium). Celui-ci intègre au sein d'un mécanisme unique, les plans spécialisés relatifs aux domaines d'intervention notamment, ceux afférents à la recherche et au sauvetage en mer, à la sûreté maritime et à la protection de l'environnement, respectivement désignés sous les vocables « plan SAR maritime », « plan Surmar » et « plan Polmar ».
- 39 Cependant, il y a une limite à cette avancée vers une plus grande intégration, car les compétences de la Hassmar ne font pas obstacle aux prérogatives conférées à d'autres administrations et services publics, par des textes législatifs et réglementaires²⁵ comme par exemple l'Agence nationale des affaires maritimes (Anam).

L'Anam : une institution à compétences spécifiques

- 40 L'Anam a été créée par le décret n° 2009-583 du 18 juin 2009. Elle est sous la tutelle technique du ministre chargé de la Marine marchande. Elle a, entre autres missions, celle de participer à la police de la pollution maritime, à savoir : (i) prévention contre la pollution du milieu marin liée aux rejets par les navires d'hydrocarbures et de substances nocives, aux rejets dus aux opérations d'exploration ou d'exploitation du fond de la mer ou de son sous-sol, à l'immersion de déchets toxiques, à l'incinération et aux rejets d'origine tellurique ; (ii) recherche, constatation et instruction des infractions.

Des institutions aux compétences variées

- 41 Face aux enjeux socio-économiques du littoral et de ses vulnérabilités, le ministère en charge de l'environnement, et notamment via la Direction de l'environnement et des établissements classés (DEEC), a mis en place en décembre 2012 la Division « gestion du

littoral » (DGL)²⁶. Les missions principales de cette division consistent à gérer, prévenir et lutter contre toutes formes de dégradation du littoral, notamment l'érosion côtière, mettre en œuvre la gestion intégrée des zones côtières (GIZC) et définir les plans d'action appropriés pour une gestion durable de côtes²⁷.

- 42 Par ailleurs, la Direction des aires marines et communautaires protégées²⁸ (DAMCP) est chargée de mettre en place et d'organiser la gestion d'un réseau d'aires protégées suffisamment représentatif des écosystèmes côtiers, estuariers et marins. Elle assure à cet effet une mission de conservation de la diversité biologique marine et côtière, notamment par la consolidation et le renforcement du réseau d'aires marines protégées.
- 43 Pour permettre une gestion concertée avec les acteurs de l'environnement marin, un observatoire national pour la protection du littoral est en train d'être mis en place par le Programme de gestion du littoral ouest-africain (WACA)²⁹. Cet observatoire national est partie intégrante de l'organe national du littoral qui est en cours de mise en place également.
- 44 Il est donc crucial que l'ancrage institutionnel de l'organe responsable de la PSM, tout en intégrant les exigences internationales, respecte, utilise et s'adapte aux structures nationales existantes afin de maximiser sa pertinence et son appropriation.
- 45 La capacité des institutions à faire appliquer les textes juridiques constitue également un défi à relever dans la mise en œuvre de la PSM.

Vers une meilleure protection de l'environnement marin : les dernières évolutions

- 46 Les textes et les institutions visant la protection de l'environnement marin sont traditionnellement dispersés (BONNIN *et al.*, 2016). Or, la coopération et les synergies institutionnelles sont à la fois un prérequis et un produit de la PSM. Le projet de loi d'orientation sur le littoral³⁰ vise justement à combler ce manque.
- 47 Ce projet de loi d'orientation a connu plusieurs versions qui ont circulé depuis plus d'une décennie. À l'origine, ce sont les lacunes constatées dans les procédures d'occupation, de classement et de déclassement du littoral qui ont été à la base de la première initiative gouvernementale ayant pour objectif de légiférer pour apporter des corrections au système juridique en vigueur. L'option retenue par le Gouvernement n'a pas été de réviser la loi 76-66 du 2 juillet 1976 portant Code du domaine de l'État ni le Code de la Marine marchande de 2002 (ce qui aurait été la solution la plus pratique en apportant les modifications et compléments à ces deux lois), mais plutôt d'élaborer une nouvelle loi dont le contenu et les procédures de préparation donnent de larges responsabilités au ministère chargé de l'environnement tout en associant les autres départements ministériels sectoriels (ministères chargés des domaines, de l'économie maritime, de l'urbanisme, de l'aménagement du territoire, du tourisme, des collectivités territoriales). Ainsi, ce projet de loi d'orientation prévoit la création d'une Autorité nationale de gestion intégrée du littoral (Angil) rattachée au ministère chargé de l'environnement et regroupant en son sein les ministères compétents sur le littoral, pour faciliter la coordination des différentes institutions (article 11).
- 48 Le projet de loi d'orientation sur le littoral est toujours en chantier, et les objectifs actuellement définis par les pouvoirs publics sont d'accélérer l'étude du processus de faisabilité de l'organe de gestion du littoral (aspects statutaires et ancrage institutionnel) en vue d'alimenter les travaux de la commission de rédaction de projet

de loi d'orientation et de son décret d'application. En d'autres termes, les adoptions de la loi d'orientation et de son décret d'application semblent rester tributaires des résultats de ladite étude³¹.

- 49 L'adoption le 12 janvier 2021 de la loi d'orientation pour l'aménagement du développement durable des territoires (LOADT) apporte des enjeux nouveaux que doit prendre en compte le projet de loi d'orientation sur le littoral. La LOADT introduit désormais des innovations majeures dans le droit positif sénégalais, en déterminant les principes fondamentaux de la politique d'aménagement et de développement territorial, la consécration juridique du Plan national d'aménagement du territoire (PNAT), des schémas directeurs sectoriels et des autres documents de planification spatiale à l'échelle territoriale, la création d'organes nationaux et territoriaux de l'aménagement et du développement territorial.
- 50 Le dispositif institutionnel de la LOADT prévoit notamment un Conseil présidentiel de l'aménagement et du développement territorial (CPADT) (article 13), une Commission nationale de l'aménagement et du développement territorial (CNADT) (article 14), des commissions départementales et des commissions communales d'aménagement et de développement territorial (CDADT et CCADT prévues aux articles 15 et 16). Les conséquences juridiques sont la nécessaire prise en compte par le projet de loi littoral de ces nouveaux organes dont les compétences couvrent l'ensemble du territoire national, même si le littoral a des spécificités qui devraient aussi être prises en compte.
- 51 Les zones de pêche protégées (ZPP) constituent une autre évolution intéressant la PSM. Dans certaines localités, elles combinent plusieurs activités destinées à l'exploitation durable des ressources. Le modèle de cogestion locale des pêcheries artisanales du Sénégal privilégie l'approche de gestion intégrée pour constituer les stocks démersaux côtiers par la promotion d'initiatives locales de cogestion et par la mise en œuvre de mesures de restauration des écosystèmes marins côtiers dégradés comme les ZPP et les zones d'immersion de récifs artificiels (Ziara) (CSE, 2018, p. 128).
- 52 Dans la ZPP de Hann³², l'activité de pêche est soumise à un régime d'autorisation. Selon l'article 4, alinéa 1^{er} de l'arrêté portant création de ladite ZPP, « la pêche, sous toutes ses formes, est strictement interdite à l'intérieur de la zone délimitée à l'article 2. Seules les pêches expérimentales et les opérations de plongées sous-marines dûment autorisées par la Direction des pêches maritimes (DPM) à des fins de recherche scientifique et technique ou de suivi d'évaluation de la ZPP y sont permises ». L'alinéa 2 de l'article précité précise que « dans la zone définie à l'article 3, seule la pêche à la ligne simple est autorisée »³³. Les ZPP favorisent la coopération de plusieurs acteurs en planifiant l'exploitation durable des ressources. Cette approche intégrée qui cherche à concilier des objectifs de reconstitution des pêcheries démersales côtières, de réhabilitation des écosystèmes/habitats marins et d'amélioration des conditions de vie des communautés de pêcheurs constitue l'un des piliers du modèle de cogestion locale du Sénégal (CSE, 2018).
- 53 Les dernières évolutions portent aussi sur le décret 2020-1784 du 23 septembre 2020 portant la charte de la déconcentration. Ce décret va s'appliquer sur toutes les circonscriptions administratives (les régions et départements du littoral que sont Saint-Louis, Louga, Thiès, Dakar Fatick et Ziguinchor sont donc concernés). La charte de la déconcentration fixe les principes de la territorialisation des politiques publiques, la territorialisation du service public, et la mutualisation des services déconcentrés. En

d'autres termes, tout aménagement du littoral devra tenir compte des règles définies par la charte.

- 54 Au total, le processus de finalisation de la loi littoral et de son décret d'application devra tenir compte de tout un ensemble de facteurs politiques et juridiques. C'est à cette condition qu'une PSM harmonisée pourra être réalisée au Sénégal.

Conclusion : une priorité donnée au développement ?

- 55 Le Sénégal a adopté une nouvelle stratégie de développement pour accélérer sa marche vers l'émergence à travers le Plan Sénégal émergent (PSE) en 2014. Le PSE constitue le référentiel de la politique économique et sociale sur le moyen et long terme et permet au pays d'emprunter une nouvelle trajectoire de développement.
- 56 Le PSE constitue à ce jour le principal cadre de référence des politiques de la « gouvernance visant à conduire le Sénégal sur la voie de l'émergence à l'horizon 2035 ». Le PSE prend spécifiquement en compte l'aspect environnemental à travers la promotion d'une économie verte, la lutte contre la dégradation de ressources environnementales et l'appauvrissement de la biodiversité, la valorisation des ressources naturelles et de la biodiversité, le renforcement des capacités institutionnelles et techniques, l'amélioration de la base de connaissance de l'environnement, mais aussi la mobilisation des financements pour les emplois verts.
- 57 Par ailleurs, la réalisation des atlas (BONNIN *et al.*, 2019) de droit de l'environnement marin en Afrique de l'Ouest a montré que les différentes administrations connaissaient mal les règles en dehors de leur secteur d'activité (LE TIXERANT *et al.*, 2020). Or la connaissance du droit constitue un préalable nécessaire à la mise en place de démarches de planification spatiale marine.

BIBLIOGRAPHIE

ANAT, 2020

Plan national d'aménagement et de développement territorial (PNADT). Atlas cartographique. Dakar, Agence nationale de l'aménagement du territoire, juin, 72 p.

ANSD, 2016

Situation économique et sociale du Sénégal en 2016. Dakar, Agence nationale de la statistique et de la démographie, 19 p. <http://www.statsenegal.sn/publications-statistiques/regionales/func-startdown/96/>

ANSD, 2020

Situation économique et sociale du Sénégal 2017-2018, Dakar, Agence nationale de la statistique et de la démographie, 16 p. https://satisfaction.ansd.sn/ressources/publications/12-SES-2017-2018_Peche-aquaculture.pdf

BONNIN M., LE TIXERANT M., LY I., OULD ZEIN A., 2013

Atlas cartographique du droit de l'environnement marin. Rapport de recherche, CSRP-IUCN, janvier, 112 p.

BONNIN M., LY I., QUEFFELEC B., NGAIDO M. (éd.), 2016

Droit de l'environnement marin et côtier au Sénégal. Dakar, IRD/PRCM, 532 p.

BONNIN M., LY I., NDIAYE F., DIEDHIOU M., NDAO S., LE TIXERANT M., 2019

Atlas du droit de l'environnement marin et côtier au Sénégal. Rapport de recherche, 66 p.

BOUSSAGUET L., JACQUOT S., RAVINET P. (éd.), 2006

Dictionnaire des politiques publiques. 2^e édition, Paris, Les Presses de Sciences Po, collection Références.

CALIGIURI A., 2016

« L'établissement de la zone exclusive maritime commune de l'Afrique (CEMZA) et ses implications sur le régime juridique de la ZEE ». In Del Vecchio A., Marrella F. (dir.) : *International law and maritime governance: current issues and challenges for regional economic integration organizations*. Proceedings of the fifth ordinary Conference of the International Association for the Law of the Sea : 287-296.

CSE, 2018

Annuaire sur l'environnement et les ressources naturelles du Sénégal, 4^e édition, Dakar, CSE, 388 p.
https://obapao.org/sites/default/files/fichier_publication/CSE_Annuaire_ERN_Edition_4%20VF%201.pdf

LEFEBVRE C., 2011

La gestion intégrée côtière et marine : nouvelles perspectives. *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement*, hors-série 9. <https://journals.openedition.org/vertigo/10985>

LE TIXERANT M., BONNIN M., GOURMELON F., RAGUENEAU O., ROUAN M., LY I., OULD ZEIN A., NDIAYE F., DIEDHIOU M., NDAO S., BASSIROU NDIAYE M., 2020

Atlas cartographique du droit de l'environnement marin en Afrique de l'Ouest. Méthodologie et usage pour la planification spatiale. *Cybergeog : European Journal of Geography*, document 958. <https://journals.openedition.org/cybergeog/35598>

NIASSE M., SECK M., 2011

L'accaparement des ressources marines ouest-africaines : sociétés mixtes de façade et licences de complaisance. Expériences du Sénégal et de la Mauritanie. Bonn, Églises Évangéliques en Allemagne pour le Développement (EDD), 32 p.

GOUVERNEMENT DE LA RÉPUBLIQUE DU SÉNÉGAL, 2013

Plan Sénégal émergent pour la période 2014-2018. PSE. 167 p.

QUEFFELEC B., BONNIN M., FERREIRA B., BERTRAND S., TELES DA SILVA S., DIOUF F., TROUILLET B., CUDENNEC A., BRUNEL A., BILLANT O., TOONEN H., 2021

Marine spatial planning and the risk of ocean grabbing in tropical Atlantic. *ICES Journal of Marine Science*, 78 (4) : 1196-1208.

UA, 2012

Stratégie africaine intégrée pour les mers et les océans - horizon 2050 (Stratégie AIM 2050). Addis-Abeba, Union africaine, 35 p. https://au.int/web/sites/default/files/documents/30930-doc-2050_aim_strategy_fr_0.pdf

VRANCKEN P., 2020

The 2050 Africa's integrated maritime strategy: the combined exclusive maritime zone of Africa

as an instrument of sustainable development of the African large marine ecosystems. *Environmental Development*, 36 : 100557. <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2020.100557>

NOTES

1. Lettre de politique sectorielle de développement de la pêche et de l'aquaculture, 2016-2023, août 2016, p. 18 (http://www.bameinfopol.info/IMG/pdf/lettre_de_politique_peche_aquaculture.pdf). Voir aussi : « Estimation des emplois directs et indirects », in Gouvernement de la République du Sénégal, 2013, p. 29.
2. Définition de la planification spatiale marine par l'Organisation des Nations unies en 2009.
3. Loi n° 82-31 du 23 juillet 1982, Journal officiel de la République du Sénégal du 21 août 1982, p. 557.
4. La Convention d'Abidjan est accompagnée du protocole relatif à la lutte contre la pollution en cas de situation critique. Elle comprend quatre autres protocoles additionnels : (1) le protocole relatif aux normes et standards environnementaux applicables aux activités pétrolières et gazières offshore, (2) le protocole relatif à la gestion intégrée de la zone côtière, (3) le protocole relatif à la coopération en matière de protection et de mise en valeur du milieu marin et côtier de la région de l'Afrique occidentale, centrale et australe contre la pollution due aux sources et activités terrestres et (4) le protocole relatif à la gestion durable des mangroves. La 2^e Conférence des plénipotentiaires qui s'est tenue à Abidjan les 2 et 3 juillet 2019, a permis la signature de ces protocoles et ouvre les perspectives de leur ratification et leur mise en œuvre, voir <http://abidjanconvention.org/>.
5. L'annexe 1 a trait à la gestion intégrée des ressources en eau (Gire), l'annexe 2 porte sur la protection des zones côtières, l'annexe 3 sur les écosystèmes côtiers particuliers, l'annexe 4 sur les recommandations ciblées par secteur d'activité socio-économique, l'annexe 5 sur les risques pouvant affecter la zone côtière, l'annexe 6 sur l'ouvrage de protection des zones côtières et de gestion des ressources en eau et l'annexe 7 sur l'évaluation environnementale en zone côtière.
6. Article 5, protocole de gestion intégrée des zones côtières (GIZC) de la Convention d'Abidjan.
7. Annexe 1 : indicateurs de l'état et des tendances d'évolution de l'écosystème mangrove ; 2 : valorisation durable des ressources de l'écosystème mangrove ; 3 : étude d'impact sur l'environnement ; 4 : lignes directrices relatives à la gestion durable des écosystèmes de mangrove.
8. Article 2 précité.
9. Article 6 du protocole sur la pollution due aux sources et activités terrestres.
10. Thème du 18^e Sommet de l'Assemblée de l'Union africaine. L'Assemblée s'est tenue à Addis-Abeba en Éthiopie en janvier 2012 et a adopté la décision (Assemblée/AU/Dec.394 [XVIII]) pour établir une zone de libre-échange continental panafricaine (AfCFTA) à la date indicative de 2017.
11. JORS n° 7398 du 30 janvier 2021, p. 88.
12. Loi n° 76-66 du 2 juillet 1976 portant Code du domaine de l'État (CDE).
13. Le domaine public maritime naturel comprend les rivages de la mer couverts et découverts lors des plus fortes marées ; les voies d'eau navigables jusqu'au premier obstacle à la navigation maritime ; une zone de 100 m de large sur chaque rive à partir des limites déterminées par la hauteur des eaux coulant à plein bord avant de déborder.
14. Le domaine public maritime artificiel comprend les ports maritimes et fluviaux avec leurs dépendances immédiates et nécessaires, les digues, jetées, quais, terre-pleins, bassins, écluses, sémaphores, ouvrages d'éclairage et de balisage, phares, bouées, canaux et leurs dépendances.
15. Art. 2, §1^{er} : « Ensemble de mesures et d'actions volontaristes visant, par une organisation de l'espace, à utiliser un territoire de manière rationnelle, en fonction de ses ressources et

potentialités et dans le but de satisfaire les besoins immédiats et futurs de l'ensemble de la population ».

16. Art. 2, § 2 : « un modèle de développement qui concilie efficacité économique, équité sociale et gestion rationnelle des ressources naturelles et de l'environnement afin d'assurer la satisfaction des besoins des générations actuelles et futures ».

17. Art. 2, § 10 : « un espace destiné à être un pôle d'investissement par excellence en offrant un environnement compétitif aux affaires et à l'investissement ».

18. Art. 3, § 4 : « toute politique d'aménagement et de développement durable des territoires doit promouvoir et garantir une participation effective de l'ensemble des acteurs, à toutes les échelles territoriales pertinentes, pour son élaboration. »

19. Article 6 de la loi n° 2021-04 du 12 janvier 2021 portant loi d'orientation pour l'aménagement et le développement durable des territoires (LOADT).

20. Instrument de planification adopté en Conseil interministériel de l'aménagement du territoire (Ciat) en 1994.

21. Article 48 du Code de l'environnement.

22. Le Livre premier du Code de l'urbanisme (loi n° 2008-43 du 20 août 2008) porte sur les dispositions générales et règles de planification urbaine.

23. Article L 8 du Code de l'environnement.

24. Par politique publique, on entend « l'intervention d'une autorité investie de puissance publique et de légitimité gouvernementale dans un domaine spécifique de la société ou d'un territoire » (BOUSSAGUET *et al.*, 2006).

25. Article 4 du décret n° 2006-322 portant création de la Haute Autorité chargée de la coordination de la sécurité maritime, de la sûreté maritime et de la protection de l'environnement marin.

26. <http://www.denv.gouv.sn/index.php/divisions/division-gestion-du-littoral-dg>, consulté le 12 octobre 2021.

27. <http://www.denv.gouv.sn/index.php/divisions/division-gestion-du-littoral-dgl>, consulté le 14 janvier 2020.

28. Décret n° 2012-543 du 24 mai 2012 portant création de la DAMCP.

29. Le programme West Africa Coastal Areas (WACA) a été développé en partenariat avec les populations d'Afrique de l'Ouest qui vivent sur la côte et en dépendent pour leurs moyens de subsistance, leur nutrition, leur sécurité alimentaire et leur prospérité. Le programme appuie les efforts déployés par les pays pour améliorer la gestion de leurs ressources côtières communes et réduire les risques naturels et anthropiques auxquels sont exposées les communautés côtières.

30. Projet de loi d'orientation sur le littoral, version du 5 mai 2021.

31. Étude en cours sur la mise à jour de la stratégie nationale pour la gestion intégrée des zones côtières.

32. Arrêté n° 341 P/D/DK du 13 décembre 2017 portant création de la zone de pêche protégée de Hann.

33. *Ibid.*

AUTEURS

IBRAHIMA LY

Juriste de l'environnement, Ucad, Sénégal, France.

ODELINE BILLANT

Juriste en droit de l'environnement, Lemar, université de Bretagne occidentale (UBO), France.

FATOU NDIAYE

Juriste de l'environnement, Ucad, Sénégal, France.

MOHAMED DIEDHIOU

Juriste de l'environnement, Ucad, Sénégal.

MAMADOU BASSIROU NDIAYE

Juriste de l'environnement, Ucad, Sénégal

SOULEYE NDAO

Juriste de l'environnement, Ucad, Sénégal, France.

MARIE BONNIN

Juriste en droit de l'environnement, Lemar, IRD, France.

Chapitre 9. Gouvernance, cadres institutionnels et juridiques de la planification de l'espace maritime

Études de cas dans l'Atlantique tropical

José Guerreiro, Ana Carvalho et Daniela Casimiro

Introduction

- 1 L'essor des nouvelles sciences et technologies marines dans le monde entier au tournant du XXI^e siècle, en particulier dans les pays les plus développés, a ouvert la voie à de nouvelles utilisations de la mer, allant des énergies renouvelables à l'exploitation minière en haute mer ou à l'aquaculture offshore. Ces nouvelles utilisations ont élargi le nombre d'activités économiques en mer, mais elles ont également augmenté le potentiel de conflits pour l'espace maritime au sein des zones économiques exclusives (ZEE) des pays. L'économie bleue et la croissance bleue, telles que définies par l'Union européenne (UE) (EUROPEAN COMMISSION, 2007 ; EUROPEAN UNION, 2011), dans le cadre plus large de la politique maritime intégrée, sont devenues une priorité politique, une attente pour la croissance du produit intérieur brut (PIB) et de nouveaux emplois, en particulier dans les domaines en plein essor des énergies renouvelables, de la biotechnologie bleue, de l'exploitation minière en eaux profondes, du tourisme nautique et de l'aquaculture.
- 2 Cependant, ces nouvelles utilisations de la mer et l'intensification des activités économiques ont nécessité, non seulement des mesures d'économie politique, mais aussi des instruments de régulation de deux types : l'occupation de l'espace maritime et la sécurité environnementale. C'est ainsi que l'Union européenne a adopté deux directives clés : Planification de l'espace maritime et Cadre stratégique pour le milieu marin (EUROPEAN COMMISSION, 2014 ; EUROPEAN COMMISSION, 2008).
- 3 En conséquence, la planification de l'espace maritime (PEM) est devenue une pièce maîtresse et un instrument clé, pour une approche intégrée visant à traiter les

activités/utilisations conflictuelles et concurrentes des ressources et des espaces océaniques. D'autre part, la Directive-cadre « Stratégie pour le milieu marin » a assuré un rôle clé à garantir un bon état écologique de la mer, en visant une durabilité plus efficace et la mise en œuvre de l'approche de gestion basée sur les écosystèmes dans le milieu marin.

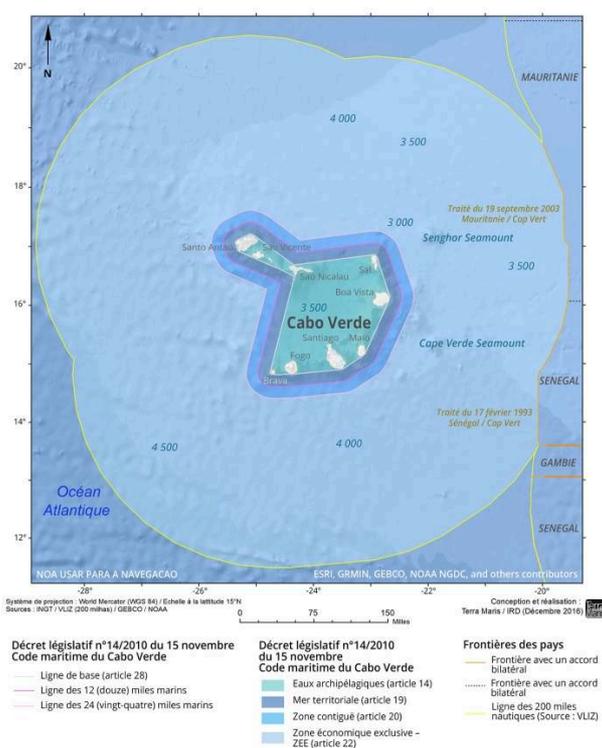
- 4 Cette nouvelle approche de l'économie maritime s'est rapidement répandue dans le monde entier, même dans les pays en développement, mobilisant leurs propres capacités et bénéficiant de la coopération avec des partenaires plus avancés sur le plan technologique. Dans les différents continents/océans, plusieurs nations côtières ont commencé à développer leurs propres stratégies « d'économie bleue ».
- 5 Cependant, un autre impact politique de cette tendance vers la nouvelle économie bleue a été la nécessité d'ajuster ou de développer non seulement le cadre juridique, mais aussi les modèles de gouvernance politique et institutionnelle de la mer. Ceci est rapidement devenu évident au sein de l'UE, mais aussi dans d'autres contextes géopolitiques.
- 6 La nature des océans, qui est aussi un patrimoine commun de l'humanité, a conduit à travers le temps à des efforts multilatéraux pour développer une gouvernance saine et harmonieuse des océans, au-delà des frontières maritimes. Dans le cas de l'UE, l'océan Atlantique revêt, de l'Antarctique au Cap, et des côtes occidentales aux Amériques jusqu'au Cap Horn, une importance géopolitique majeure.
- 7 L'un des objectifs majeurs du projet Paddle (Planning in a liquid world with tropical stakes) visait précisément à évaluer, dans un contexte Nord-Sud, comment les pays de la « frontière Atlantique » englobent cette tendance à la PEM, dans leurs cadres juridiques, institutionnels et politiques, en suivant les options et les stratégies de l'économie bleue.
- 8 Nous avons procédé à un examen et à une analyse des politiques marines et côtières ainsi que des cadres juridiques, institutionnels et politico-gouvernementaux. Les initiatives d'aménagement du territoire de chaque pays ont été analysées, afin d'obtenir un véritable état de l'art pour la PEM dans cette zone tropicale. Les résultats ont montré que bien que le Brésil, le Cabo Verde¹ et le Sénégal fassent encore leurs premiers pas, à des stades de maturité différents, ils disposent tous déjà d'instruments politiques, institutionnels et juridiques de base, qui peuvent ouvrir la voie au développement de la PEM et, en outre, ils sont sans doute déjà en train de mettre en place les piliers de la nouvelle économie bleue.

Cabo Verde

- 9 La République du Cabo Verde est un archipel composé de dix îles volcaniques situées dans l'océan Atlantique central, à environ 570 km au large des côtes de l'Afrique de l'Ouest. Les îles couvrent une superficie totale d'un peu plus de 4 000 km² et la capitale, Praia, est située à 14° 55' 0" N, 23° 31' 0" W sur l'île de Santiago (fig. 1). Traditionnellement, l'économie maritime du Cabo Verde était basée sur la pêche et le tourisme, mais, en particulier au cours des trois dernières décennies, le tourisme maritime est devenu de plus en plus l'un des principaux contributeurs au PIB, atteignant un poids d'environ 22 % (BANCO DE CABO VERDE, 2019). Récemment, le gouvernement du Cabo Verde a adopté l'option politique de développer une approche

holistique de l'économie bleue et a pris des mesures significatives pour mettre en œuvre l'économie bleue : un nouveau ministère de l'Économie maritime a été créé en 2018, ainsi que la Direction générale de l'économie maritime (DGEM) et la résolution n° 112/2015 qui approuve la charte pour la promotion de la croissance bleue au Cabo Verde. D'autre part, une illustration claire de l'intérêt de l'UE à renforcer les liens politiques et économiques vers l'Atlantique tropical est démontrée par l'Accord dit « de Mindelo », signé en 2018, par la Commission européenne et le Gouvernement de la République du Cabo Verde, visant à renforcer et à améliorer la recherche et l'innovation dans la croissance bleue.

Figure 1. Archipel du Cabo Verde et frontières de sa Zone économique exclusive



Source : IRD/Terra Maris, 2016

- 10 Le tableau 1 synthétise les cadres politiques, institutionnels et juridiques du Cabo Verde en matière de gouvernance marine et de PEM. Les figures 2 et 3 montrent les principaux liens et mandats gouvernementaux et institutionnels.

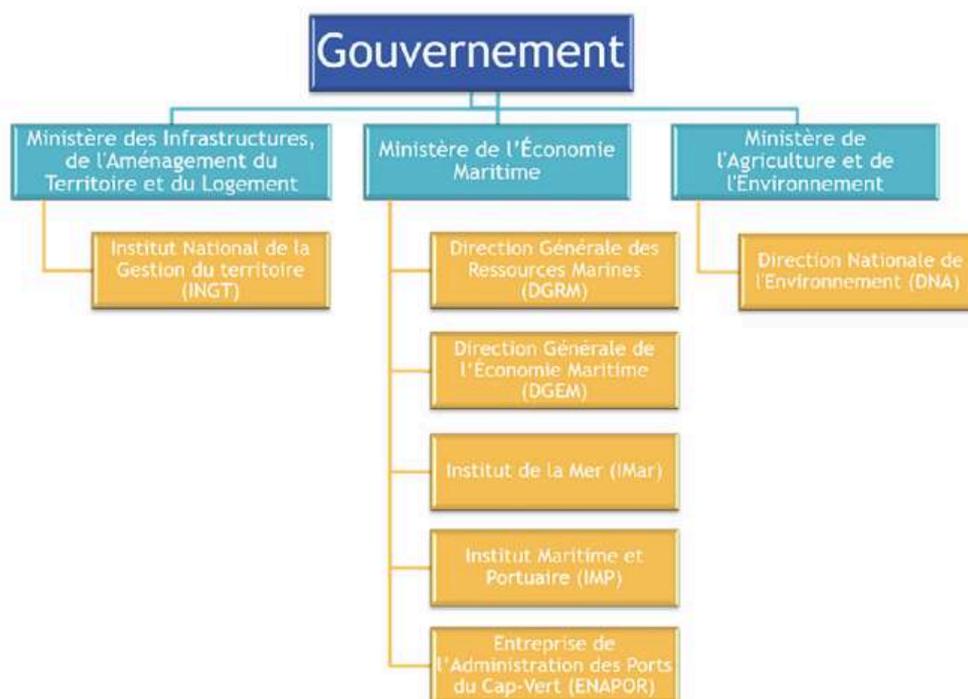
Tableau 1. Cadres politiques, institutionnels et juridiques soutenant la PEM et la gouvernance marine au Cabo Verde

Institutions	Mandats/Objets
Ministère de l'Économie maritime	Responsable de la politique maritime, de l'économie et de l'industrie maritimes, des ressources marines, de la pêche, de l'aquaculture, des ports et de la navigation (décret-loi 27/2018).

Direction générale de l'économie maritime (DGEM)	Chargée de la conception, de la planification, de la mise en œuvre et de l'évaluation des politiques économiques maritimes. Développe et coordonne avec les entités compétentes, l'aménagement du territoire maritime et côtier (décret-loi 27/2018).
Direction générale des ressources marines (DGRM)	Chargée de mener des activités de soutien au développement de la pêche et de l'aquaculture et à l'exploitation adéquate des ressources marines vivantes (décret-loi 27/2018).
Institut de la mer (Imar)	Imar est l'autorité technique nationale dans les domaines de l'océanographie, de la biologie marine et halieutique, de la mariculture, du développement des technologies halieutiques et des statistiques (décret-loi 40/2019).
Institut maritime et portuaire (IMP)	IMP contribue à la définition de la politique maritime et portuaire du pays ; propose la définition des zones de juridiction maritime et portuaire ; assure l'articulation des plans d'aménagement portuaire avec d'autres instruments d'aménagement du territoire (décret-loi 38/2018).
Ministère des Infrastructures, de l'Aménagement du Territoire et du Logement	Responsable des politiques nationales d'aménagement du territoire et de logement (décret-loi 14/2018).
Institut national de la gestion du territoire (INGT)	Chargé de mettre en œuvre les instruments et les politiques d'aménagement du territoire, d'occupation des sols et du logement ; gère l'infrastructure de données spatiales du Cabo Verde (décret réglementaire 22/2014).
Ministère de l'Agriculture et de l'Environnement	Responsable des politiques nationales d'agriculture, foresterie, élevage, agro-industrie, sécurité alimentaire, environnement, eau et assainissement (décret-loi 14/2018).
Direction nationale de l'environnement (DNA)	La DNA est l'autorité nationale de l'environnement responsable de la prévention, de l'évaluation de l'impact sur l'environnement et de la conservation de la nature (décret-loi 49/2016).
Cadre juridique	
Loi sur la planification urbaine et spatiale	Le décret législatif n° 1/2006, du 13 février, approuve la loi sur l'aménagement urbain et spatial (modifié par le décret législatif n° 6/2010, du 21 juin) ; définit le système national d'aménagement du territoire et d'utilisation des terres qui comprend des plans spatiaux spéciaux pour les zones côtières et aires protégées (décret législatif 1/2006 ; décret législatif 6/2010).
Réglementation nationale de l'aménagement du territoire et de l'urbanisme	Décret-loi n° 43/2010, du 27 septembre, règlement national de l'aménagement du territoire et de l'urbanisme. Il régule et définit le système de gestion du territoire (décret-loi 43/2010).

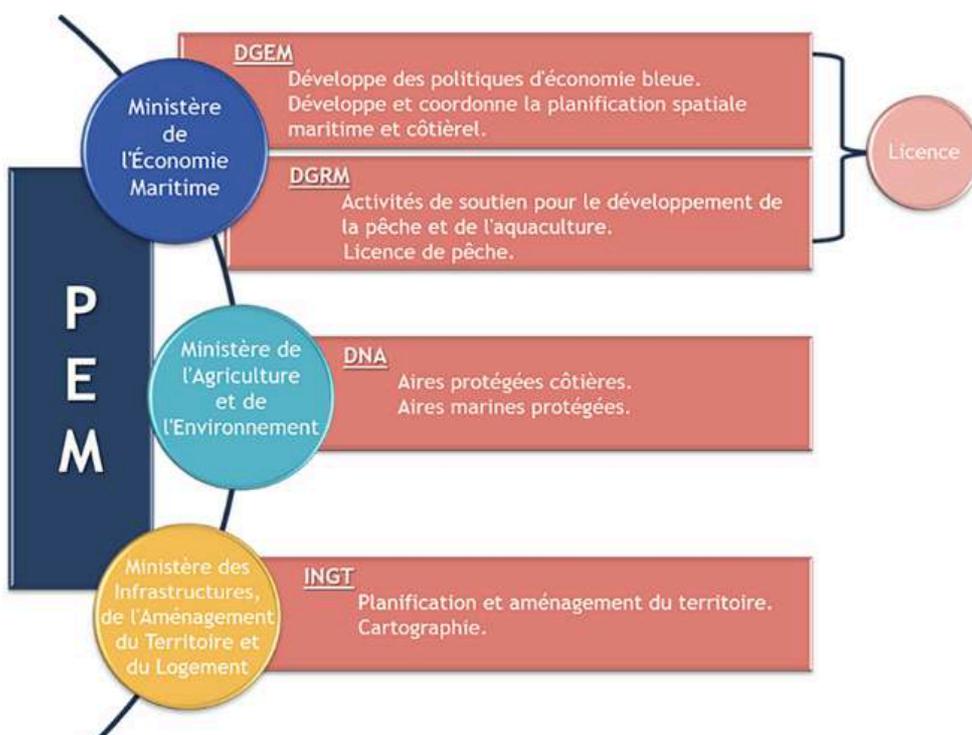
Plans aménagement pour les zones côtières et la mer adjacente (POOC_M)	Le décret-loi n° 14/2016, du 1 ^{er} mars, régleme les plans aménagement pour les zones côtières et la mer adjacente (POOC_M) identifiant à la fois les zones « on shore » et les « zones maritimes adjacentes ». Les POOC_M identifient les zones territoriales, les limites, la zone d'intervention y compris les zones spéciales telles que les zones de tourisme spécial, les zones à risque et les aires protégées (décret-loi 14/2016).
Plans aménagement pour les aires protégées	Le décret-loi n° 3/2003 du 24 février (modifié par le décret-loi n° 44/2006 du 28 août) établit le régime juridique de la gestion des aires protégées. Les objectifs de conservation énoncés dans le décret-loi peuvent être matérialisés par un plan directeur (« <i>Plano diretor</i> ») pour les aires protégées (décret-loi 3/2003 ; décret-loi 44/2006).
Charte pour la promotion de la croissance bleue au Cabo Verde	Résolution n° 112/2015 - La charte pour la promotion de la croissance bleue au Cabo Verde : elle définit les options stratégiques pour la croissance bleue du Cabo Verde (résolution 112/2015).
Plan national d'investissement en faveur de l'économie bleue (Pnieb) et Programme de promotion de l'économie bleue (Promeb)	L'assistance de l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) au Cabo Verde est définie par le Cadre de programmation pays 2018-2022. Les principaux processus et politiques nationaux soutenus par la FAO au Cabo Verde comprennent l'établissement du plan Pnieb et du Promeb (FAO, 2019).
Accord dit de Mindelo	En 2018, la Commission européenne et le Gouvernement de la République du Cabo Verde ont signé un nouvel accord de coopération en matière de recherche et d'innovation. L'accord dit de Mindelo vise à renforcer et à améliorer la coopération en matière de recherche et d'innovation dans le domaine de la croissance bleue (EUROPEAN COMMISSION/GOVERNMENT OF THE REPUBLIC OF CAPE VERDE, 2018).
Zone économique spéciale d'économie maritime à São Vicente	La résolution n° 26/2018 a créé une organisation <i>ad hoc</i> pour accompagner le processus de planification de la zone économique spéciale d'économie maritime à São Vicente (Zeeem-SV) visant à contribuer au développement d'une économie maritime intégrée, à travers la création d'une plateforme maritime et logistique dans le Moyen-Atlantique (résolution 26/2018).

Figure 2. Cadre institutionnel du Cabo Verde pour la PEM et la gouvernance marine



Source : J. Guerreiro, A. Carvalho, D. Casimiro

Figure 3. Mandats des agences du Cabo Verde pour la PEM



Source : J. Guerreiro, A. Carvalho, D. Casimiro

- 11 La DGEM est clairement mandatée pour coordonner la PEM, avec le soutien de l'INGT (sous l'égide du ministère de l'Infrastructure, de l'Aménagement du Territoire et du

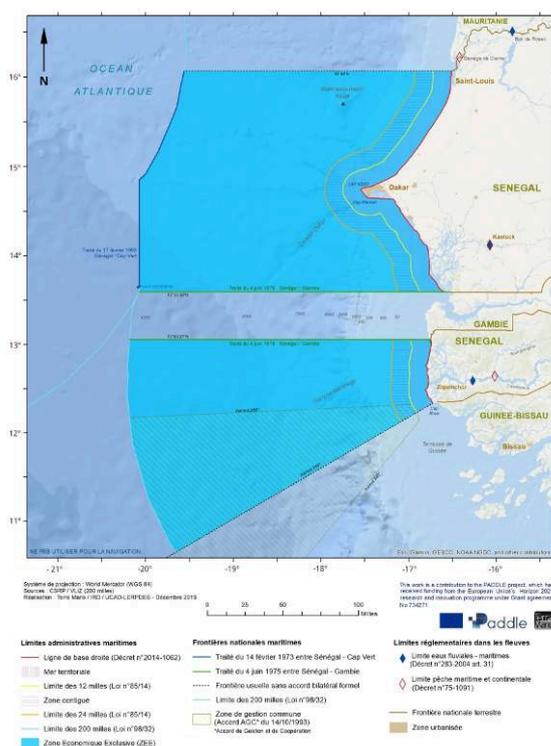
Logement), qui a le mandat de l'aménagement et de la gestion du territoire. Ces deux agences, ainsi que la DGRM (gestion des ressources marines), la DNA (agence de protection de l'environnement, sous l'égide du ministère de l'Agriculture et de l'Environnement) et l'administration portuaire (IMP), constituent le groupe institutionnel central pour le développement du PEM. Ce mandat clair de développement de la PEM, ainsi qu'une législation solide sur la planification et la gestion de l'espace terrestre, y compris des instruments de gestion intégrée des zones côtières de nature spatiale spéciale (car ils surpassent les plans municipaux), constituent un fondement solide pour la PEM. En outre, un réseau complet des aires marines protégées, basé sur un soutien juridique clair en matière de conservation de la nature, ainsi qu'une solide évaluation d'impact et une législation sur la qualité de l'eau constituent un cadre de base pour travailler à une PEM saine, en préservant une approche écosystémique.

- 12 Cependant, des menaces sont identifiées. En fait, la stratégie de croissance bleue n'est pas soutenue par une loi définissant l'utilisation de l'espace maritime et l'aménagement du territoire. La législation existante en matière d'aménagement du territoire a principalement une portée terrestre et côtière et ne couvre pas les limites de la ZEE. En outre, les plans d'aménagement côtier, bien que prévus dans les instruments juridiques, n'ont pas encore été élaborés et seuls deux d'entre eux sont en cours d'achèvement. Ce retard est généralement attribué à la pression du tourisme côtier ainsi qu'à l'urbanisation côtière, deux secteurs économiques très forts au Cabo Verde. On peut donc s'attendre à ce que les pressions exercées par les secteurs du tourisme, du bâtiment, de la pêche et des ports menacent une approche saine de la PEM et l'approbation d'un régime juridique spécifique. Récemment, en 2020, le Plan d'aménagement de la zone côtière et des mers adjacentes (POOC_M) sur l'île de Boa Vista a été approuvé par l'ordonnance conjointe n° 41/2020 du 14 août, republiée par l'ordonnance n° 112/2020 du 10 septembre, ce qui est un pas dans la bonne direction.
- 13 Néanmoins, les engagements politiques et gouvernementaux clairs, ainsi que la création d'une agence dédiée au développement de l'économie bleue et à la coordination du PEM, appellent à l'élaboration d'un cadre juridique spécifique pour le PEM, qui est une pièce essentielle du puzzle. En conséquence, la prochaine étape cruciale serait l'élaboration du cadre juridique pour la PEM, ainsi qu'un effort pour repenser l'articulation et les mandats entre les agences nationales, à savoir la DGEM, l'INGT et la DNA, afin d'éviter les conflits entre agences, de faciliter une approche intégrée de la GIZC et de la conservation marine, en favorisant une croissance bleue durable.

République du Sénégal

- 14 La République du Sénégal est un pays situé en Afrique de l'Ouest, entre les parallèles 18° et 24°, avec une superficie globale de 196 720 km². Il a des frontières terrestres avec le Mali, la Gambie, la Guinée et la Guinée-Bissau. Le Sénégal et le Cabo Verde ont convenu, en 1993, par traité, du tracé de leur frontière maritime².

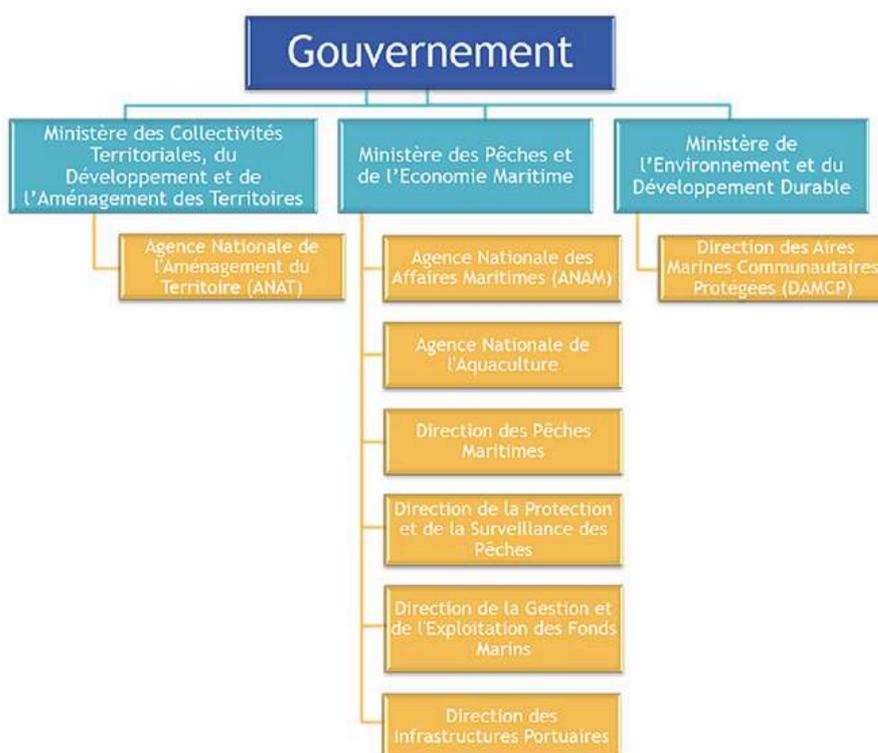
Figure 4. Frontières maritimes et cartographie du droit de l'environnement marin du Sénégal



Source : IRD/Terra Maris, UCAD-LERPEDES, 2019

- 15 L'évolution de l'économie maritime au Sénégal selon CORMIER-SALEM (2015) dans BONNIN *et al.* (2015) peut être divisée en trois périodes différentes : (1) les années 1970, à partir du XX^e siècle, ont correspondu au développement de la pêche et des infrastructures nécessaires qui y sont liées ; ensuite (2) dans les années 1980, le tourisme côtier, tous deux devenant des contributeurs majeurs au PIB ; (3) le XXI^e siècle a vu l'exploitation du gaz et du pétrole, qui ont également contribué de manière plus significative au PIB national. Selon la Banque mondiale, le Sénégal était l'une des dix économies à la croissance la plus rapide, en 2018 (THE ATLAS, 2019). Cette diversification a également entraîné un changement conceptuel dans la structure gouvernementale, en transformant le traditionnel ministère de la Pêche en ministère de la Pêche et de l'Économie maritime, reflétant ainsi les tendances à une approche plus globale de l'économie bleue. Actuellement, le programme de l'économie bleue au Sénégal repose sur cinq piliers : pétrole et gaz, tourisme, pêche, aquaculture, navigation et ports.

Figure 5. Cadre institutionnel du Sénégal pour la PEM et la gouvernance marine



Source : J. Guerreiro, A. Carvalho, D. Casimiro

- 16 La structure du gouvernement sénégalais est généralement importante, avec plus de trente ministères et bien que le ministère de la Pêche et de l'Économie maritime réglemente clairement les secteurs de la navigation et des ports, de la pêche et de l'aquaculture, l'exploitation du pétrole relève de la compétence d'un autre ministère, malgré le mandat réglementaire de la Direction de la gestion et de l'exploitation des fonds marins (voir tabl. 2). En ce qui concerne la sécurité de la navigation et la protection contre la pollution, la Haute Autorité chargée de la coordination de la sécurité maritime, de la sûreté maritime et de la protection de l'environnement marin (Hassmar), directement sous la dépendance du Premier ministre, est l'autorité. D'autre part, la conservation marine est une préoccupation politique évidente et le ministère de l'Environnement et du Développement durable a un mandat clair, soutenu par une agence spécifique, une stratégie nationale pour les aires marines protégées (AMP) et un réseau complet d'AMP, qui est en place. En fait, le mandat de la Direction des aires marines communautaires protégées (DAMCP) vise « la conservation de la diversité biologique marine et côtière, par la consolidation et le renforcement du réseau des aires marines protégées ; pour une meilleure gestion des écosystèmes et des espèces, en particulier pour une gestion durable des pêcheries et des stocks de poissons » (DAMCP, 2019). Ce réseau institutionnel met clairement en évidence une certaine préoccupation pour la durabilité du milieu marin, ce qui indique, d'une certaine manière, un mécanisme de « contrôle et d'équilibre » entre les agences et les politiques gouvernementales, mais aussi un risque de conflits entre les agences.

Tableau 2. Cadres politiques, institutionnels et juridiques soutenant la PEM et la gouvernance marine au Sénégal

Institutions	Mandats/Objets
Ministère des Pêches et de l'Économie maritime	Responsable du développement et de la mise en œuvre de la politique de l'industrie de la pêche, de l'exploitation des fonds marins, de l'aquaculture, des infrastructures portuaires et du transport maritime (décret 2019-789).
Agence nationale des affaires maritimes (Anam)	Responsable de la mise en œuvre de la politique maritime ainsi que de l'application des conventions, codes et règlements maritimes internationaux en vigueur au Sénégal. C'est aussi, l'Autorité nationale de sûreté portuaire (décret 2009-583).
Agence nationale de l'aquaculture	Responsable de la mise en œuvre de la politique nationale d'aquaculture (décret 2011-486).
Direction des pêches maritimes	Responsable de la mise en œuvre de la politique de la pêche maritime industrielle et artisanale (arrêté ministériel 2466, du 19 avril 2006).
Direction de la protection et de la surveillance des pêches	Chargée de la surveillance des pêcheries marines et continentales (arrêté ministériel 2467, du 19 avril 2006).
Direction de la gestion et de l'exploitation des fonds marins	Chargée d'assurer le développement de la recherche de surveillance et d'exploitation des fonds marins (arrêté ministériel 2463, du 19 avril 2006).
Direction des infrastructures portuaires	Chargée de la gestion des infrastructures portuaires des ports secondaires et d'escale (arrêté ministériel 3825, du 29 juillet 2005).
Ministère des Collectivités territoriales, du Développement et de l'Aménagement des territoires	Responsable de la politique d'aménagement et gestion du territoire (décret 2019-791).
Agence nationale de l'aménagement du territoire (Anat)	Responsable de l'aménagement du territoire et de la mise en œuvre de la politique nationale d'aménagement du territoire (décret 2009-1302).
Ministère de l'Environnement et du Développement durable	Responsable de la politique environnementale et de la conservation de la nature (décret 2019-794).
Direction des aires marines communautaires protégées (DAMCP)	Chargée de la conservation de la diversité biologique marine et côtière, à travers la consolidation et le renforcement du réseau d'aires marines protégées pour une meilleure gestion des écosystèmes et des espèces, en particulier pour une gestion durable des pêcheries et des stocks de poissons (DAMCP, 2019).

Haute Autorité chargée de la coordination de la sécurité maritime, de la sûreté maritime et de la protection de l'environnement marin (Hassmar)	Chargée de la sécurité maritime, de la sûreté maritime et de la protection du milieu marin en ce qui concerne la réglementation, la prévention et la gestion des situations d'urgence en mer (décret 2006-322).
Cadre juridique	
Code de l'urbanisme	La loi n° 2008-43, du 20 août 2008, approuve le code de l'urbanisme, y compris l'approbation des plans directeurs régionaux, des plans municipaux, des plans d'urbanisme détaillés et des plans de zones spéciales pour la protection de l'environnement (loi 2008-43).
Partie réglementaire du code de l'urbanisme	Le décret n° 2009-1450, du 30 décembre 2009, réglemente et détaille le code de l'urbanisme (décret 2009-1450).
Code de l'environnement	Le code de l'environnement (loi 2001-01) fixe les règles de base pour la protection de l'environnement (loi 2001-01).
Stratégie nationale pour les aires marines protégées	La stratégie nationale pour les aires marines protégées entend développer un réseau cohérent d'aires marines protégées, écologiquement représentatif, effectivement cogéré, assurant la conservation de la biodiversité marine et côtière, la gestion durable des zones de pêche, la valorisation du patrimoine culturel et un partage des bénéfices socio-économiques pour les communautés (RÉPUBLIQUE DU SÉNÉGAL, 2013).

- 17 Au Sénégal, l'aménagement du territoire est régi par un code d'urbanisme rigoureux (tabl. 2 et fig. 6), avec un système et des instruments clairs pour l'aménagement du territoire, y compris des plans spatiaux spéciaux pour la protection de l'environnement, élaborés et gérés par l'Agence nationale de l'aménagement du territoire (Anat). Cependant, la fragilité critique se situe dans la zone côtière, où la gestion spatiale du littoral est absente depuis longtemps. Une proposition de Loi pour la zone côtière n'a pas été approuvée depuis longtemps par les gouvernements successifs, ce qui a conduit à une occupation anarchique du littoral, à une délimitation insuffisante du domaine public maritime et au laxisme des autorités, et de ce fait à des occupations illégales de la zone côtière (BONNIN *et al.*, 2015). Dans ce contexte, l'aménagement de l'espace maritime a un terrain fragile pour se développer, car les pressions économiques, principalement du tourisme, de la pêche, du pétrole et du gaz, semblent dépasser une meilleure planification spatiale de la zone côtière et, par conséquent, de l'espace maritime adjacent.
- 18 Actuellement, l'économie bleue au Sénégal n'est pas soutenue par un cadre juridique spécifique en matière de PEM, il n'existe pas de politique ou de mandat clair pour développer un programme de PEM, et cette compétence n'est attribuée à aucune agence gouvernementale. Néanmoins, la croissance de l'économie maritime au Sénégal et le potentiel évident de conflits d'usage, ainsi que la pression insoutenable sur la zone côtière, nécessiteraient une action coordonnée en matière de PEM. Plusieurs ministères

ont des responsabilités et des interactions directes claires, notamment celui des collectivités territoriales, du Développement et de l'Aménagement des territoires, celui de l'Environnement et du Développement durable et celui de la Pêche et de l'Économie maritime, sans oublier ceux du Pétrole et des Énergies et du Tourisme en tant qu'acteurs clés.

- 19 Ce cadre gouvernemental et institutionnel, très complexe pour la gouvernance marine, devrait probablement permettre de créer une structure de coordination au niveau intergouvernemental/inter-agences, de développer un cadre juridique spécifique pour les PEM, ainsi qu'une approche à la GIZC et, enfin, de déterminer l'agence nationale responsable de la mise en œuvre et de la gestion des PEM.

Figure 6. Mandats des agences du Sénégal pour la PEM



Source : J. Guerreiro, A. Carvalho, D. Casimiro

Brésil

- 20 La République fédérale du Brésil est le plus grand pays d'Amérique du Sud et le 5^e plus grand pays du monde, avec une superficie terrestre de 8 515 767 049 km², des parallèles tropicaux aux parallèles équatoriaux, ayant des frontières terrestres avec tous les pays d'Amérique du Sud, à l'exception du Chili et de l'Équateur. La frontière orientale est l'océan Atlantique, avec un littoral de 7 491 km² et la zone marine sous juridiction brésilienne est de 4 471 000 km², soit environ 2,3 % des ZEE mondiales. La capitale, Brasilia, est située à 15°47'56 "S 47°52'00 "W. L'économie brésilienne a une forte composante provenant des ressources marines, en particulier de l'exploitation du pétrole et du gaz, ainsi que du tourisme côtier et de la pêche.

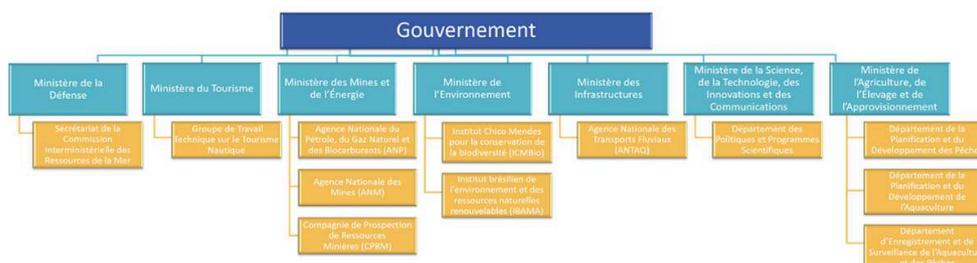
Figure 7. Limites géographiques du Brésil



SOURCE : INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2019)

- 21 La structure gouvernementale fédérale compte, en 2019, quinze ministères, dont sept se partagent les responsabilités en matière de gouvernance et des ressources marines, comme le montrent le tableau 3 et la figure 8. Avec des compétences partagées sur les ressources et les utilisations maritimes, réparties entre sept ministères et douze agences, ainsi qu'une organisation fédérale de l'État, le Brésil a depuis longtemps opté pour une structure de coordination des affaires et des ressources maritimes, avec un fort soutien de la Marine brésilienne, qui remonte à 1974, une solution également adoptée pour certains pays de l'UE (CASIMIRO et GUERREIRO, 2019). La pierre angulaire des affaires maritimes est sans doute la Commission interministérielle pour les ressources de la mer (CIRM), qui relève du ministère de la Défense (fig. 9).

Figure 8. Cadre institutionnel du Brésil pour la PEM et la gouvernance marine



Source : J. Guerreiro, A. Carvalho, D. Casimiro

Tableau 3. Cadres politiques, institutionnels et juridiques soutenant la PEM et la gouvernance marine au Brésil

Institutions	Mandats/Objets
<p>Commission interministérielle pour les ressources de la mer (CIRM)</p>	<p>Créée par le décret n° 74557, du 12 septembre 1974, elle avait pour objectif de coordonner les questions liées à la réalisation de la politique nationale des ressources marines. Le CIRM intègre quinze représentants de : Chambre civile de la présidence de la République, ministère de la Défense, ministère des Affaires étrangères, ministère des Infrastructures, ministère de l'Agriculture, de l'Élevage et de l'Approvisionnement alimentaire, ministère de l'Éducation, ministère de la Santé, ministère de la Citoyenneté, ministère de l'Économie, ministère du Développement régional, ministère du Tourisme, ministère des Mines et de l'Énergie, ministère de l'Environnement, ministère de la Science, de la Technologie, des Innovations et des Communications, Marine brésilienne (décret 9 858, du 25 juin 2019).</p> <p>En 2013, le CIRM a créé le groupe de travail sur les utilisations partagées du milieu marin. En 2014, le sous-groupe sur la législation et le sous-groupe sur la planification de l'espace maritime ont été créés au sein du groupe de travail. Le CIRM est actuellement responsable du développement du PEM national (résolution CIRM n° 1 du 23 août 2019).</p>
<p>Ministère de la Défense</p>	<p>Sous sa juridiction, le secrétariat de la Commission interministérielle des ressources marines (décret 9 858, du 25 juin 2019).</p>
<p>Ministère du Tourisme</p>	<p>Responsable de la politique nationale du tourisme (ordonnance 36, du 29 janvier 2019). Il dispose également d'un groupe de travail technique sur le tourisme nautique, qui vise à identifier et à soutenir le développement des politiques publiques (ordonnance 90, du 6 mai 2014).</p>
<p>Ministère de l'Environnement</p>	<p>Responsable des politiques environnementales et de conservation de la nature (décret 9 672 du 2 janvier 2019).</p>

<p>Institut brésilien de l'environnement et des ressources naturelles renouvelables (IBAMA)</p>	<p>Chargé de :</p> <ul style="list-style-type: none"> - exercer le pouvoir de police de l'environnement au niveau fédéral ; - mener des actions de politiques environnementales nationales, concernant les attributions fédérales, liées à l'autorisation environnementale, au contrôle de la qualité environnementale, à l'autorisation d'utilisation des ressources naturelles et à la surveillance, à la surveillance et au contrôle environnementaux, conformément aux directives émises par le ministère de l'Environnement ; - exécuter les actions complémentaires de l'Union, conformément à la législation environnementale. <p>L'IBAMA est responsable de la gestion du littoral (loi 11 516, du 28 août 2007 ; loi 13 668, du 28 mai 2018 ; décret 8 973, du 24 janvier 2017).</p>
<p>Institut Chico Mendes pour la conservation de la biodiversité</p>	<p>Responsable de la gestion globale des aires de conservation et de l'application de la loi dans ces zones (loi 11 516, du 28 août 2007 ; loi 13 668, du 28 mai 2018).</p>
<p>Ministère des Infrastructures</p>	<p>Responsable des politiques d'expédition et des ports (décret 9 676, du 2 janvier 2019).</p>
<p>Agence nationale des transports fluviaux (ANTAQ)</p>	<p>Responsable de la réglementation, de la supervision et du contrôle des activités de prestation de services de transport fluvial et d'exploration des infrastructures portuaires et fluviales (loi 10 233, du 5 juin 2001).</p>
<p>Ministère des Mines et de l'Énergie</p>	<p>Chargé des politiques nationales du pétrole, des carburants, des biocarburants, du gaz naturel, de l'énergie électrique, y compris les énergies nucléaires et renouvelables (décret 9 675, du 2 janvier 2019).</p>
<p>Agence nationale du pétrole, du gaz naturel et des biocarburants (ANP)</p>	<p>Régulateur des activités qui intègrent l'industrie pétrolière et gazière et celle des biocarburants au Brésil. L'ANP est responsable de la mise en œuvre de la politique nationale du secteur énergétique du pétrole, du gaz naturel et des biocarburants, conformément à la loi pétrolière (ANP, 2019).</p>

Agence nationale des mines (ANM)	Responsable de la promotion de la planification et de la promotion de l'exploration minérale et de l'utilisation des ressources minérales, et de la supervision de la recherche en technologie géologique, minérale et minérale, ainsi que de la garantie et du contrôle de l'exercice des activités minières sur l'ensemble du territoire national, conformément au Code minier, au Code des eaux minérales, aux limites respectives et à la législation qui les complète (loi 13 575, du 26 décembre 2017).
Compagnie de prospection de ressources minières (CPRM)	Compagnie gouvernementale brésilienne, liée au ministère des Mines et de l'Énergie, qui a les fonctions de service géologique du Brésil. Ses activités comprennent la réalisation d'études géologiques, géophysiques, géochimiques, hydrologiques et hydrogéologiques ainsi que la gestion et la diffusion d'informations géologiques et hydrologiques (SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL, 2019).
Ministère de la Science, de la Technologie, des Innovations et des Communications	Chargé des politiques nationales de recherche scientifique et technologique et d'encouragement à l'innovation (décret 9677, du 2 janvier 2019).
Département des politiques et programmes scientifiques	Chargé d'appuyer la formulation des politiques et les stratégies de mise en œuvre des programmes et actions scientifiques présentant un intérêt stratégique pour le ministère ; de proposer des objectifs et des buts à atteindre dans la mise en œuvre des programmes et actions de recherche et développement ; de coordonner les activités liées aux politiques et stratégies de mise en œuvre des programmes de développement scientifique et technologique nécessaires aux activités de prospection scientifique. Il intègre la Coordination générale des océans, de l'Antarctique et des géosciences, chargée des politiques de recherche dans ces trois domaines et représente le ministère auprès de la Commission interministérielle des ressources de la mer (ordonnance 217, du 25 janvier 2019).

Ministère de l'Agriculture, de l'Élevage et de l'Approvisionnement	Responsable des politiques nationales de la pêche et de l'aquaculture (décret 9 667, du 2 janvier 2019).
Département de la planification et du développement des pêches	Chargé de proposer des politiques, des programmes et des actions pour le développement durable des pêches ; de proposer des mesures et des critères pour la planification des activités de pêche (décret 9 667, du 2 janvier 2019).
Département de la planification et du développement de l'aquaculture	Chargé de promouvoir la planification de l'aquaculture et d'identifier des scénarios prometteurs pour l'aquaculture, sur la base des politiques et directives gouvernementales, de formuler, superviser et évaluer les politiques, programmes et actions pour le secteur de l'aquaculture, proposer des normes concernant les activités d'aquaculture dans les eaux de l'Union dans les établissements ruraux et urbains (décret 9667, du 2 janvier 2019).
Département d'enregistrement et de surveillance de l'aquaculture et des pêches	Chargé de formuler les politiques d'enregistrement et de contrôle des activités d'aquaculture et de pêche ; de coordonner, d'organiser et de tenir à jour le registre général des activités de pêche ; de soutenir la normalisation de l'aquaculture et de la pêche ; de coordonner et d'orienter les procédures d'octroi des demandes de licences, permis et autorisations pour l'exercice de l'aquaculture et de la pêche (décret 9 667, du 2 janvier 2019).
Cadre juridique	
Politique maritime nationale	Vise à guider le développement des politiques maritimes (décret 1 265, du 11 octobre 1994).
Politique nationale pour les ressources marines	Établit la politique d'exploitation des ressources vivantes et minérales et de l'énergie (décret 5 377, du 23 février 2005).
Plan sectoriel pour les ressources marines	Est le programme pluriannuel d'exploitation des ressources marines suivant la Politique nationale pour les ressources marines (décret 8 907 du 22 novembre 2016).

Plan national d'aménagement du littoral	Définit les lignes directrices et les instruments pour promouvoir et mettre en œuvre la gestion intégrée des zones côtières (loi 7 661, du 16 mai 1988 ; décret 5 300, du 7 décembre 2004).
Politique nationale de l'environnement	Jette les bases des politiques publiques environnementales (loi 6 938, du 31 août 1981 ; loi 7 804, du 18 juillet 1989, qui a modifié la loi 7804 du 18 juillet 1989).
Zonage économique écologique du Brésil	Établit des critères de zonage économique et écologique en tenant compte des mesures et normes de protection de l'environnement visant à assurer la qualité de l'environnement, les ressources en eau et en sol et la conservation de la biodiversité et le développement durable (décret 4 297, du 10 juillet 2002 ; décret 6 288 du 6 décembre 2007).
Système national d'unités de conservation	Approuvé par la loi n° 9 985, du 18 juillet 2000, il définit le système national du réseau d'aires protégées comprenant les aires marines protégées et les instruments de gestion (loi 9 985, du 18 juillet 2000).
Plan stratégique national des aires protégées	Est l'instrument stratégique qui définit les principes, les lignes directrices et les objectifs visant à réduire le taux de perte de biodiversité grâce à la consolidation d'un système d'aires protégées complet, écologiquement représentatif et géré efficacement de façon à intégrer des aires terrestres et marines plus larges d'ici 2015. Selon ce plan, des aires protégées côtières et marines doivent être créées et gérées afin de rendre la conservation de la diversité biologique compatible avec la reconstitution des stocks halieutiques (décret 5 758, du 13 avril 2006).

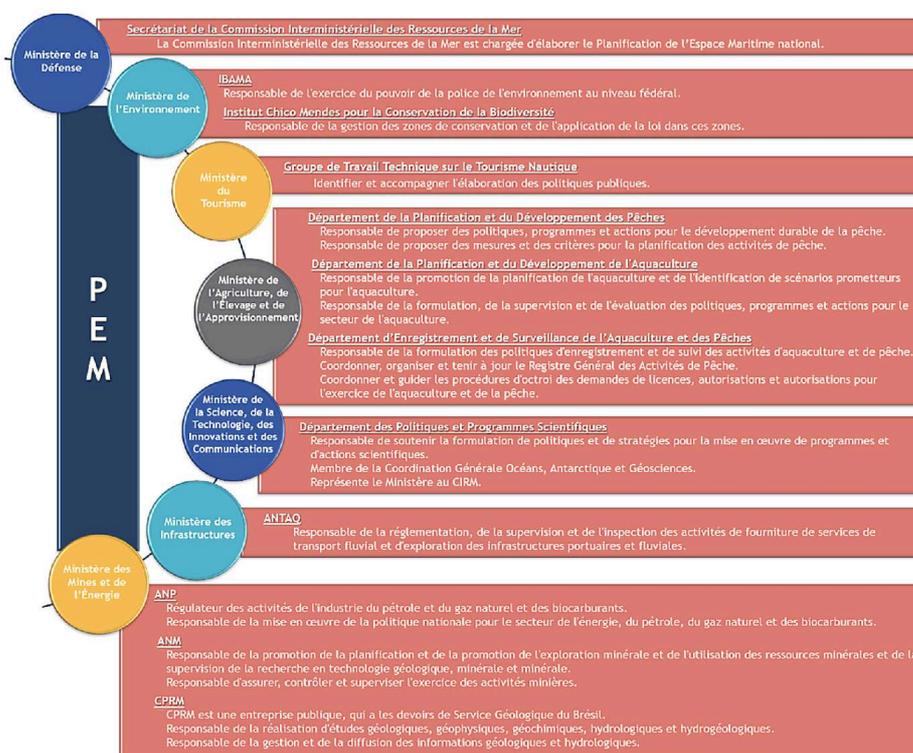
Figure 9. Composition institutionnelle de la Commission interministérielle pour les ressources de la mer (CIRM)



Source : J. Guerreiro, A. Carvalho, D. Casimiro

- 22 Actuellement, la structure gouvernementale et les compétences des ministères sont très similaires à celles décrites par SHINODA (2018), bien qu'il y ait quelques clarifications, notamment en ce qui concerne les politiques de la pêche et de l'aquaculture, qui sont revenues dans la sphère de compétence du ministère de l'Agriculture, de l'Élevage et de l'Approvisionnement. Le ministère de l'Environnement mène clairement les politiques nationales de conservation au travers de l'IBAMA tandis que l'Institut Chico Mendes est responsable de la gestion globale des aires protégées. Sont également co-responsables : (1) le ministère des Sciences, de la Technologie, des Innovations et des Communications, responsable des politiques de recherche dans les domaines des océans, de l'Antarctique et des géosciences ; (2) le ministère des Infrastructures, responsable de la navigation et des ports ; (3) le ministère des Mines et de l'Énergie, responsable des politiques nationales du pétrole et du gaz naturel et (4) le ministère du Tourisme, responsable de la politique nationale du tourisme et d'un Groupe de travail consacré aux politiques du tourisme nautique.

Figure 10. Mandats des agences du Brésil pour la PEM



Source : J. Guerreiro, A. Carvalho, D. Casimiro

- 23 Avec une ligne côtière de près de 8 000 km à usage intensif, le Brésil a depuis longtemps développé des politiques et des instruments de gestion intégrée des zones côtières, qui remontent aux années 1980. La Constitution fédérale de 1988 (PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA, 2016), au paragraphe 4 de son article 225, définit la zone côtière comme un « patrimoine national », la mettant en évidence comme une portion du territoire brésilien qui mérite une attention particulière de la part du pouvoir public en ce qui concerne son occupation, l'utilisation des terres et des ressources naturelles, en assurant la préservation de l'environnement.
- 24 Cet engagement a été exprimé dans la loi n° 7 661 du 16 mai 1988, qui a établi le Plan national d'aménagement du littoral (PNGC) comme partie intégrante de la Politique nationale de l'environnement (PNMA) et de la Politique nationale pour les ressources marines (PNRM) (loi n° 7 661, du 16 mai 1988). La loi a également défini que les détails de ce plan devraient être établis dans un document juridique spécifique, dans le cadre de la Commission interministérielle pour les ressources de la mer (CIRM), visant à guider l'utilisation rationnelle des ressources dans la zone côtière. La première version de ce document a été présentée en novembre 1990 par la CIRM. Par la suite, des plans de gestion spatiale des côtes ont été élaborés pour la côte brésilienne (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2019). En outre, un instrument politique clé, la politique maritime nationale, a été établi en 1994 par le décret-loi n° 1 256. En 2005, la politique nationale pour les ressources marines a été approuvée.
- 25 Actuellement, l'IBAMA est l'agence responsable de la gestion des côtes, bien que la coordination des agences soit assurée par la CIRM, dans le cadre du Groupe d'intégration de la gestion côtière. De plus, en ce qui concerne la conservation marine,

le Brésil prétendait, à partir de 2018, avoir atteint 26,3 % de l'espace maritime couvert par les AMP, soit environ 940 000 km², avec le soutien du projet « Aires marines et côtières protégées » (GEF Mar), sous l'égide du ministère de l'Environnement (FUNDO BRASILEIRO PARA A BIODIVERSIDADE, 2019).

- 26 Dans une perspective globale, nous pouvons considérer que, depuis au moins les trente dernières années, les politiques brésiliennes ont pris sérieusement en considération la gouvernance marine et côtière et un rôle de coordination clair est attribué à une institution : la Commission interministérielle pour les ressources de la mer (CIRM).
- 27 Actuellement, les politiques maritimes brésiliennes ont évolué pour renforcer l'économie bleue, et plusieurs initiatives sont en cours, comme les Programmes d'évaluation du potentiel minéral de la plateforme juridique continentale brésilienne (Remplac), la biotechnologie bleue (Biomar) et le Programme de renforcement de l'aquaculture et de la pêche durable (Aquipesca) (SECRETARIA DA COMISSÃO INTERMINISTERIAL PARA OS RECURSOS DO MAR, 2019), ainsi que plusieurs projets sur les énergies renouvelables qui, s'ajoutant aux utilisations traditionnelles de la mer, appellent au développement du PEM, afin d'éviter les conflits d'usage.
- 28 Dans ce contexte, le gouvernement brésilien a attribué un mandat clair à la CIRM pour développer la PEM nationale, qui est renforcée par le cadre juridique existant basé sur la politique maritime nationale, la Politique nationale pour les ressources marines (PNRM) et un Plan sectoriel pour les ressources marines (PSRM IX) (décret 1 265 du 11 octobre 1994, décret 5 377 du 23 février 2005, décret 8,907 22 novembre 2016). Plusieurs étapes essentielles vers la PEM ont été franchies au cours des cinq dernières années, après la constitution en 2013 du Groupe de travail sur les utilisations partagées du milieu marin (GT Ucam), sous l'égide de la CIRM, à savoir :
- 2014, le sous-groupe « Législation » (LEG) et le sous-groupe « Planification de l'espace marin » (PEM) ont été mis en place au sein du GT.
 - 2017, approbation d'un plan de travail visant à établir un processus national de planification de l'espace maritime.
 - 2018, la carte de diagnostic avec la répartition spatiale des usages (couvrant la mer territoriale, la zone économique exclusive et le plateau continental)
- 29 Il est prévu que, d'ici la fin de 2020, l'adoption de recommandations sur les lignes directrices pour le développement et la mise en œuvre du PEM (CARVALHO, 2019).
- 30 Toutefois, plusieurs défis sont à relever, notamment l'élaboration d'une législation spécifique pour la PEM et la manière dont ce cadre juridique s'adaptera au cadre de gestion côtière existant depuis longtemps, ainsi qu'aux instruments de gestion spécifiques pour les AMP. En outre, le cadre global de l'aménagement et de la gestion du territoire sera également touché, ce qui est toujours un exercice délicat, étant donné qu'une approche globale de la Politique nationale de gestion de l'espace ne date que de 2003, bien que les instruments de gestion de l'espace terrestre soient mis en œuvre depuis longtemps.
- 31 Enfin, et ce n'est pas le moins important, les pressions exercées par plusieurs parties prenantes ayant un impact économique très fort, comme le pétrole et le gaz, l'exploitation minière en mer ou le tourisme côtier, par rapport à la durabilité environnementale et à la conservation de la nature, vont sans aucun doute peser. Ce sera un défi et un potentiel de conflits entre les douze agences impliquées, exigeant un

effort supplémentaire de coordination de la part de la CIRM et, sûrement, un mécanisme solide de sensibilisation et de consultation du public. Néanmoins, en fin de compte, le processus en cours au Brésil pour développer la PEM peut également constituer une opportunité de mettre à jour les instruments existants sur la gouvernance marine à la lumière d'une politique maritime intégrée.

Conclusion

- 32 L'économie bleue et la croissance bleue, poussées par les nouvelles utilisations de la mer, que ce soit l'aquaculture en mer, les énergies renouvelables, l'exploitation minière en profondeur, la biotechnologie bleue ou par un réaménagement et une innovation dans les utilisations traditionnelles, comme le tourisme côtier, le transport maritime et l'exploitation pétrolière et gazière, rendent nécessaire de repenser la façon dont nous planifions et occupons l'espace marin. La réponse à cette problématique, en quelque sorte déclenchée par l'UE et sa vision holistique de la politique maritime, a conduit à l'élaboration de différentes approches de la planification de l'espace maritime et de ses instruments spécifiques. De plus, les gouvernements ont vite compris qu'il ne s'agissait pas seulement de nouveaux instruments de planification, mais bien plus encore, que cela avait des implications à la fois du haut vers le bas et du bas vers le haut. Les cadres gouvernementaux, institutionnels et juridiques ont été touchés et ont dû s'adapter à la « nouvelle économie bleue ».
- 33 L'une des questions qui se sont immédiatement posées était de savoir s'il s'agirait seulement d'une « tendance du Nord », ou d'un développement beaucoup plus global et, dans ce cas, comment les zones de transition océanique Nord/Sud évolueraient, à savoir quelles seraient les approches de la PEM dans les zones tropicales. L'océan Atlantique est une zone géopolitique critique, des pays du nord de l'UE et de l'Amérique du Nord jusqu'au Cap et au cap Horn. L'approche du projet Paddle consistait précisément à analyser les tendances de la PEM dans la zone cruciale de transition à la « frontière » Nord/Sud de l'Atlantique, en traçant une ligne imaginaire du Sénégal et du Cabo Verde au Brésil.
- 34 Les résultats ont montré qu'au Sénégal et au Cabo Verde, les concepts de l'économie bleue sont en train de se développer et que la pression pousse vers la PEM, une tendance qui se manifeste déjà dans l'UE et dans plusieurs États, comme l'ont remarqué KELLY *et al.* (2018). En fait, le Sénégal et le Cabo Verde ont tous deux adapté le cadre gouvernemental en introduisant la compétence et le mandat pour l'économie maritime, bien qu'avec des solutions différentes : un ministère de la Pêche et de l'Économie maritime au Sénégal et un ministère spécifique pour l'Économie maritime au Cabo Verde. En revanche, le Brésil n'a pas modifié sa structure gouvernementale pour accueillir les compétences de « l'économie bleue ». Ces différentes approches peuvent également indiquer une influence plus directe de la relation entre l'UE, le Sénégal et Cabo Verde, traditionnellement liée par plusieurs accords.
- 35 Sur le plan institutionnel, le Sénégal n'a pas encore attribué de mandat à une institution pour développer la PEM, et le concept n'est pas encore intégré dans le cadre juridique, étant la gestion de l'espace maritime attribuée à des agences sectorielles, sans structure de coordination apparente. Au contraire, le cap Vert a créé une agence spécifique pour développer l'économie maritime, à laquelle est attribué le mandat de mettre en œuvre la PEM, en coordonnant le processus avec d'autres agences

sectorielles et, en particulier, celles qui ont la compétence pour l'aménagement du territoire et les activités maritimes, ainsi que l'environnement. Par ailleurs, le Brésil dispose depuis longtemps d'une structure de coordination, qui a maintenant pour mandat de développer la PEM, à savoir la Commission interministérielle des ressources de la mer (CIRM), qui coordonne les contributions de sept ministères différents et de douze agences, un cadre institutionnel complexe, qui est une solution similaire à celle que nous pouvons trouver dans certains pays européens, comme l'Angleterre ou la Norvège (CASIMIRO et GUERREIRO, 2019). Quels que soient les arrangements institutionnels, le résultat pertinent est la nécessité d'une certaine forme de coordination entre le réseau des différentes agences, représentant souvent des intérêts opposés, ce qui peut conduire à des conflits et des tensions entre les agences, comme d'autres auteurs l'ont déjà souligné (ASCHENBRENNER et WINDER, 2019).

- 36 L'élément le plus fragile semble être le cadre juridique, où aucun instrument spécifique de soutien aux PEM n'est encore en vigueur dans ces pays, bien que les étapes et les options soient clairement différentes. Le Brésil a une longue tradition en matière de gestion côtière et un solide cadre juridique, même soutenu par le texte constitutionnel, qui lui donne un savoir-faire confortable pour progresser vers la PEM et l'élaboration d'un mandat spécifique pour la PEM est en cours. Le Cabo Verde a également choisi de développer un cadre juridique spécifique pour la PEM et le soutien juridique existant pour l'aménagement du territoire comprend déjà les instruments de gestion côtière, bien que ceux-ci ne soient pas encore en vigueur.
- 37 Au Sénégal, en revanche, l'absence de gestion et de réglementation du littoral et les tensions liées à l'occupation du littoral constituent un véritable défi à relever. Là encore, bien que différents stades de maturité en matière de soutien juridique côtier et maritime à l'aménagement du territoire existent, la nécessité d'une articulation avec les zones côtières est une question cruciale et l'expérience des pays de l'UE montre que la PEM devrait correspondre aux instruments de gestion intégrée des zones côtières (EHLER, 2008). En fait, il serait judicieux d'éviter la discontinuité ou la fragmentation entre les systèmes d'aménagement spatial « terrestre » et « maritime », en évitant la désarticulation et la fragmentation territoriale dans la zone côtière, en promouvant l'utilisation efficace de l'espace, dont certains exemples des pays de l'UE pourraient s'inspirer (DOUVRE et EHLER, 2009).
- 38 L'une des fragilités possibles du processus de développement de la PEM dans ces zones tropicales est la tentation de faire prévaloir l'économie sur la durabilité, ce qui conduit à une conception de la « durabilité douce », comme d'autres travaux l'ont souligné (SANTOS *et al.*, 2014), et des efforts doivent être faits pour mettre en œuvre la PEM avec une approche écosystémique. Néanmoins, l'une des caractéristiques intrinsèques de la PEM est la liberté de choix des processus, qui doit être adaptée aux réalités géopolitiques et socio-économiques (ANSONG *et al.*, 2019).
- 39 La PEM dans l'Atlantique tropical, bien qu'elle n'en soit qu'à ses débuts, est un bateau qui navigue déjà, porté par les vents de l'économie et de la croissance bleue. L'approche intégrée des cadres politiques, institutionnels et juridiques est donc un défi, où les échanges universitaires, institutionnels et politiques, avec d'autres réalités et expériences, devraient contribuer sans aucun doute à une utilisation et une gouvernance durables de notre océan Atlantique commun.

BIBLIOGRAPHIE

ANP, 2019

Agência nacional do petróleo, gás natural e biocombustíveis. <https://www.gov.br/anp/pt-br>

ANSONG J., CALADO H., GILLILAND, P., 2019

A multifaceted approach to building capacity for marine/maritime spatial planning based on European experience. *Marine Policy*, 132 : 103422. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2019.01.011>

ASCHENBRENNER M., WINDER G. M., 2019

Planning for a sustainable marine future? Marine spatial planning in the German exclusive economic zone of the North Sea. *Applied Geography*, 110 : 102050. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2019.102050>

BANCO DE CABO VERDE, 2019

Principais Indicadores Macroeconómicos. <http://www.bcv.cv/vPT/Estatisticas/Quadros%20Estatisticos/Principais%20Indicadores/Paginas/PrincipaisIndicadoresdaEconomiaCaboVerdiana.aspx>

BONNIN M., LY I., QUEFFELEC B., NGAIDO M. (ÉD.), 2015

Droit de l'environnement marin et côtier au Sénégal. Dakar, IRD/PRCM, 532 p.

CARVALHO R. C., 2019

Development of a national marine spatial planning process by CIRM. Workshop « Governance and policy dynamics in tropical MSP », Recife, Paddle Project.

CASIMIRO D., GUERREIRO J., 2019

Trends in maritime spatial planning in Europe: an approach to governance models. *Journal of Environmental Protection*, 10 : 1677-1698. <https://doi.org/10.4236/jep.2019.1012100>

DAMCP, 2019

Direction des aires marines communautaires protégées. Missions. <http://www.damcp.gouv.sn/content/missions>

DIAS J., CARMO J., POLETTE M., 2010

Brief remarks on the islands and its management. *Journal of Integrated Coastal Zone Management*, 10 (3) : 243-253.

DOUVERE F., EHLER C. N., 2009

New perspectives on sea use management: initial findings from European experience with marine spatial planning. *Journal of Environmental Management*, 90 : 77-88. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2008.07.004>.

EHLER C., 2008

Conclusions: benefits, lessons learned, and future challenges of marine spatial planning. *Marine Policy*, 32 : 840-843. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2008.03.014>

EUROPEAN COMMISSION/GOVERNMENT OF THE REPUBLIC OF CAPE VERDE, 2018

Mindelo arrangement, cooperation arrangement between the European Commission and the Government of the Republic of Cabo Verde on marine research and innovation cooperation. https://ec.europa.eu/info/news/commission-and-cabo-verde-strengthen-cooperation-marine-research-and-innovation-2018-nov-22_en

EUROPEAN COMMISSION, 2007

Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. An integrated maritime policy for the European Union. COM (2007) 575 final. Bruxelles, EC, 16 p. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52007DC0575&from=EN>

EUROPEAN COMMISSION, 2008

Directive 2008/56/EC of the European Parliament and of the Council of 17 June 2008: establishing a framework for community action in the field of marine environmental policy (Marine Strategy Framework Directive). *Official Journal of the European Union*, L 164/19, Bruxelles, Commission européenne.

EUROPEAN COMMISSION, 2014

Directive 2014/89/EU of the European Parliament and of the Council of 23 July 2014: establishing a framework for maritime spatial planning. *Official journal of the European Union*, L 257/135, Bruxelles, Commission européenne.

EUROPEAN UNION, 2011

Regulation (EU) No 1255/2011 of the European Parliament and of the Council of 30 November 2011 establishing a programme to support the further development of an integrated maritime policy. *Official Journal of the European Union*, L 321, Luxembourg, Union européenne.

FAO, 2019

Cabo Verde and FAO. Partnering for resilience and sustainable rural development. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2 p. <http://www.fao.org/3/ax956e/ax956e.pdf>

FUNDO BRASILEIRO PARA A BIODIVERSIDADE, 2019

GEF Mar. https://www.funbio.org.br/programas_e_projetos/gef-mar-funbio

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2019

Mapa Físico do Brasil. <https://mapas.ibge.gov.br/fisicos/brasil>

KELLY C., ELLIS G., FLANNERY W., 2018

Conceptualising change in marine governance: learning from transition management. *Marine Policy*, 95 : 24-35. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2018.06.023>

MARINEREGIONS.ORG, 2019

Marine Gazetteer Placedetails. <http://www.marineregions.org/gazetteer.php?p=details&id=8371>

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2019

Base Legal Gerco. <https://www.mma.gov.br/gestao-territorial/gerenciamento-costeiro/base-legal-gerco.html>

PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA, 2016

Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm

RÉPUBLIQUE DU SÉNÉGAL, 2013

Stratégie nationale pour les aires marines protégées du Sénégal. Dakar, Direction des aires marines communautaires protégées, ministère de l'Environnement et du Développement durable, 56 p. http://www.environnement.gouv.sn/sites/default/files/documenttheque/doc%20strategie%20amp_2013_%20%284%29.pdf

SANTOS C. F., DOMINGOS T., FERREIRA M. A., ORBACH M., ANDRADE F., 2014

How sustainable is sustainable marine spatial planning? Part II - The Portuguese experience. *Marine Policy*, 49 : 48-58. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2014.04.005>

SECRETARIA DA COMISSÃO INTERMINISTERIAL PARA OS RECURSOS DO MAR, 2019

Plano Setorial para os Recursos do Mar-PSRM. <https://www.marinha.mil.br/secirm/psrm>

Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral, 2019

A CPRM. <http://www.mme.gov.br/web/guest/secretarias/geologia-mineracao-e-transformacao-mineral/entidades-vinculadas/cprm>

SENEGAL BUSINESS SERVICES CONSULTANCY, 2018

The maritime boundaries of Senegal. <https://web.archive.org/web/20181018090627/http://www.senegalbusinessservices.com/fisheries-in-senegal/the-maritime-boundaries-of-senegal>

SHINODA D., 2018

Analysing the governance framework in a transboundary context: perspectives on MSP collaboration in South America. Master Thesis. Erasmus mundus master course on maritime spatial planning, Università IUAV di Venezia, Universidad de Sevilla, Universidade dos Açores.

THE ATLAS, 2019

The top 10 fastest growing economies in 2018. <https://www.theatlas.com/charts/BJOKD67VG>

Décrets, lois, ordonnances, résolutions, arrêtés

Brésil

Décret n° 1 265 du 11 octobre 1994, approuve la politique maritime nationale (PMN). *Journal officiel de l'Union*, 195, 13 octobre 1994, section 1 : 115 443.

Décret n° 4 297 du 10 juillet 2002, régleme l'art. 9, point II de la loi n° 6938 du 31 août 1981 établissant les critères du zonage économique écologique du Brésil-ZEE, et établit d'autres dispositions. *Journal officiel de l'Union*, 132, 11 juillet 2002, section 1 : 6.

Décret n° 5 300 du 7 décembre 2004, régleme la loi n° 7 661, du 16 mai 1988, qui institue le plan national d'aménagement du littoral-PNGC, prévoit des règles d'utilisation et d'occupation de la zone côtière et établit des critères pour la gestion de la frontière maritime, entre autres dispositions. *Journal officiel de l'Union*, 235, 8 décembre 2004, section 1 : 2.

Décret n° 5 377 du 23 février 2005, approuve la politique nationale pour les ressources marines-PNRM. *Journal officiel de l'Union*, 37, 24 février 2005, section 1 : 1.

Décret n° 5 758 du 13 avril 2006, établit le plan stratégique national des aires protégées-PNAP, ses principes, ses lignes directrices, ses objectifs et ses stratégies, et prend d'autres dispositions. *Journal officiel de l'Union*, 73, 17 avril 2006, section 1 : 1.

Décret n° 6 288 du 6 décembre 2007, reformule l'article 6 et ajout des articles 6-A, 6-B, 6-C, 13-A et 21-A au décret n° 4 297 du 10 juillet 2002. *Journal officiel de l'Union*, 235, 7 décembre 2007, section 1 : 1.

Décret n° 8 907 du 22 novembre 2016, approuve le 9^e plan sectoriel pour les ressources marines. *Journal officiel de l'Union*, 224, 23 novembre 2016, section 1 : 1.

Décret n° 8 973 du 24 janvier 2017, approuve la structure régimentaire et le tableau démonstratif des postes commissionnés et des fonctions de confiance de l'Institut brésilien de l'environnement et des ressources naturelles renouvelables-IBAMA, déplace les postes commissionnés et remplace les postes commissionnés du groupe de direction et de conseil-DAS par des fonctions commissionnées du pouvoir exécutif-FCPE. *Journal officiel de l'Union*, 18, 25 janvier 2017, section 1 : 1.

Décret n° 9 667 du 2 janvier 2019, approuve la structure régimentaire et le tableau démonstratif des postes commissionnés et des fonctions de confiance du ministère de l'Agriculture, de l'Élevage et de l'Approvisionnement, réaffecte les postes commissionnés et les fonctions de confiance, transforme les postes commissionnés et les fonctions de confiance et modifie le décret n° 6 464, du 27 mai 2008, qui prévoit la nomination et le fonctionnement des attachés agricoles dans les missions diplomatiques brésiliennes à l'étranger. *Journal officiel de l'Union - Édition supplémentaire*, 1-B, 2 janvier 2019 : 35.

Décret n° 9 672 du 2 janvier 2019, approuve la structure régimentaire et le tableau démonstratif des postes commissionnés et des fonctions de confiance du ministère de l'Environnement, réaffecte les postes commissionnés et les fonctions de confiance et remplace les postes commissionnés du Groupe de direction et de conseil-DAS par des fonctions commissionnées du pouvoir exécutif-FCPE. *Journal officiel de l'Union - Édition supplémentaire*, 1-C, 2 janvier 2019 : 25.

Décret n° 9 675 du 2 janvier 2019, approuve la structure régimentaire et le tableau démonstratif des postes commissionnés et des fonctions de confiance du ministère des Mines et de l'Énergie, réaffecte les postes commissionnés et les fonctions de confiance et substitue les postes commissionnés du Groupe supérieur de gestion et de conseil-DAS aux fonctions commissionnées du pouvoir exécutif-FCPE et transforme les postes commissionnés du Groupe supérieur de gestion et de conseil-DAS. *Journal officiel de l'Union - Édition supplémentaire*, 1-D, 2 janvier 2019 : 29.

Décret n° 9 676 du 2 janvier 2019, approuve la structure régimentaire et le tableau démonstratif des postes commissionnés et des fonctions de confiance du ministère des Infrastructures. *Journal officiel de l'Union - Édition supplémentaire*, 1-D, 2 janvier 2019 : 39.

Décret n° 9 677 du 2 janvier 2019, approuve la structure régimentaire et le tableau démonstratif des postes commissionnés et des fonctions de confiance du ministère de la Science, de la Technologie, de l'Innovation et des communications, réaffecte les postes commissionnés et les fonctions de confiance, transforme les postes commissionnés du groupe de direction et de conseil-DAS et remplace les postes commissionnés du groupe de direction et de conseil-DAS par des fonctions commissionnées du pouvoir exécutif-FCPE. *Journal officiel de l'Union - Édition supplémentaire*, 1-D, 2 janvier 2019 : 50.

Décret n° 9 858 du 25 juin 2019, institue la Commission interministérielle pour les ressources de la mer. *Journal officiel de l'Union*, 121, 26 juin 2019, section 1 : 12.

Loi n° 10 233, du 5 juin 2001, prévoit la restructuration du transport fluvial et terrestre, crée le Conseil national pour l'intégration des politiques de transport, l'Agence nationale du transport terrestre, l'Agence nationale des transports fluviaux et le Département national des infrastructures de transport, entre autres dispositions. *Journal officiel de l'Union*, 109, 6 juin 2019, section 1 : 1.

Loi n° 11 516 du 28 août 2007, prévoit la création de l'Institut Chico Mendes pour la conservation de la biodiversité - Instituto Chico Mendes ; modifie les lois n° 7 735, du 22 février 1989, n° 11 284, du 2 mars 2006, n° 9 985, du 18 juillet 2000, n° 10 410, du 11 janvier 2002, n° 11 156, du 29 juillet 2005, n° 11 357, du 19 octobre 2006, et n° 7 957, du 20 décembre 1989 ; abroge les dispositions de la loi n° 8 028, du 12 avril 1990, et de la mesure provisoire n° 2.216-37, du 31 août 2001 ; et établit d'autres dispositions. *Journal officiel de l'Union - Édition supplémentaire*, 166-A, 28 août 2007 : 1.

Loi n° 13 575 du 26 décembre 2017, crée l'Agence nationale des mines (ANM) ; supprime le Département national de la production minérale (DNPM) ; modifie les lois n° 11 046, du 27 décembre 2004, et n° 10 826, du 22 décembre 2003 ; et abroge la loi n° 8 876, du 2 mai 1994, et

les dispositions du décret-loi n° 227, du 28 février 1967 (code minier). *Journal officiel de l'Union*, 247, 27 décembre 2017, section 1 : 1.

Loi n° 13 668 du 28 mai 2018, modifie les lois n° 11 516, du 28 août 2007, n° 7 957, du 20 décembre 1989, et n° 9 985, du 18 juillet 2000, afin de prévoir l'attribution et l'application de fonds de compensation environnementale et l'embauche de personnel à durée déterminée par l'Institut brésilien de l'environnement et des ressources naturelles renouvelables (IBAMA) et par l'Institut Chico Mendes pour la conservation de la biodiversité (Institut Chico Mendes). *Journal officiel de l'Union*, 102, 29 mai 2018, section 1 : 1.

Loi n° 6 938 du 31 août 1981, prévoit la Politique nationale de l'environnement, ses objectifs et ses mécanismes de formulation et d'application, et prévoit d'autres dispositions. *Journal officiel de l'Union*, 167, 2 septembre 1981, section 1, p. 16509

Loi n° 7.661 du 16 mai 1988, établit le Plan national d'aménagement du littoral et prévoit d'autres dispositions. *Journal officiel de l'Union*, 92, 18 mai 1988, section 1 : 8633.

Loi n° 7 804 du 18 juillet 1989, modifie la loi n° 6 938, du 31 août 1981, qui prévoit la politique nationale de l'environnement, ses objectifs et ses mécanismes de formulation et d'application, la loi n° 7 735, du 22 février 1989, la loi n° 6 803, du 2 juillet 1980, et établit d'autres dispositions. *Journal officiel de l'Union*, 137, 20 juillet 1989, section 1 : 12 026.

Loi n° 9.985 du 18 juillet 2000, établit le système national d'unités de conservation et prévoit d'autres dispositions. *Journal officiel de l'Union*, 138, 19 juillet 2000, section 1, p. 1.

Ordonnance n° 217 du 25 janvier 2019, approuve le règlement intérieur des organes du ministère de la Science, de la Technologie, de l'Innovation et des communications-MCTIC et publie le tableau indiquant les postes de fonction et de confiance de l'organe. *Journal officiel de l'Union*, 19, 28 janvier 2019, section 1 : 8.

Ordonnance n° 36 du 29 janvier 2019, approuve le règlement intérieur du ministère du Tourisme et prend d'autres dispositions. *Journal officiel de l'Union*, 21, 30 janvier 2019, section 1 : 88.

Ordonnance n° 90 du 6 mai 2014, crée le groupe de travail technique sur le tourisme nautique avec pour objectif de subventionner l'élaboration de politiques publiques et le développement d'actions nécessaires au renforcement du tourisme nautique au Brésil. *Journal officiel de l'Union*, 85, 7 mai 2014, section 1 : 69.

Résolution CIRM n° 1 du 23 août 2019, approuve la nouvelle version du règlement intérieur de la Commission interministérielle pour les ressources de la mer-CIRM. *Journal officiel de l'Union*, 185, 24 septembre 2019, section 1 : 11.

Cabo Verde

Décret législatif n° 1/2006 du 13 février 2006, approuve les bases de l'aménagement du territoire et de l'urbanisme, *Bulletin officiel de la République du Cabo Verde*, I Série, n°7, 13 février 2006 : 170.

Décret législatif n° 6/2010 du 21 juin 2010, modifie le décret-loi n° 1/2006, du 13 février, qui établit les bases de l'aménagement du territoire et de l'urbanisme, ainsi que les articles 81 et 82 du statut des communes, approuvé par la loi n° 134/IV/95, du 3 juillet, *Bulletin officiel de la République du Cabo Verde*, I série, n° 23, 21 juin 2010 : 796.

Décret réglementaire n° 22/2014 du 29 avril 2014, approuve le statut de l'Institut national de gestion du territoire (INGT), *Bulletin officiel de la République du Cabo Verde*, I Série, n° 30, 29 avril 2014 : 1015.

Décret-loi n° 14/2016 du 1^{er} mars 2016, régleme nte le processus d'élaboration et de mise en œuvre des plans de gestion de la zone côtière et de la mer adjacente, *Bulletin officiel de la République du Cabo Verde*, I série, n° 12, 1^{er} mars 2016 : 402.

Décret-loi n° 14/2018 du 7 mars 2018, modifie le décret-loi n° 37/2016, du 17 juin, qui approuve la loi organique du gouvernement, *Bulletin officiel de la République du Cabo Verde*, I série, n° 16, 7 mars 2018 : 370.

Décret-loi n° 27/2018 du 24 mai 2018, approuve la structure, l'organisation et le fonctionnement du ministère de l'Économie maritime, *Bulletin officiel de la République du Cabo Verde*, I série, n° 32, 24 mai 2018 : 719.

Décret-loi n° 3/2003 du 24 février 2003, établit le régime juridique des espaces naturels, des paysages, des monuments et des lieux qui, en raison de leur importance pour la biodiversité, pour leurs ressources naturelles, leur fonction écologique, leur intérêt socio-économique, culturel, touristique ou stratégique, méritent une protection spéciale et d'être intégrés au réseau national des zones protégées. *Bulletin officiel de la République du Cabo Verde*, I série, n° 5, 24 février 2003 : 52.

Décret-loi n° 38/2018 du 20 juin 2018, crée l'Institut maritime portuaire et approuve ses statuts. *Bulletin officiel de la République du Cabo Verde*, I série, n° 40, 20 juin 2018 : 1012.

Décret-loi n° 40/2019 du 24 septembre 2019, crée l'Institut de la mer, I.P., et approuve ses statuts. *Bulletin officiel de la République du Cabo Verde*, I série, n° 99, 24 septembre 2019 : 1546.

Décret-loi n° 43/2010 du 27 septembre 2010, approuve le règlement national d'aménagement du territoire et d'urbanisme (RNOTPU). *Bulletin officiel de la République du Cabo Verde*, I série, n° 37, 27 septembre 2010 : 1428.

Décret-loi n° 44/2006 du 28 août 2006, modifie certains articles du décret-loi n° 3/2003, du 24 février, qui établit le cadre juridique des zones protégées. *Bulletin officiel de la République du Cabo Verde*, I série, n° 27, 28 août 2006 : 616.

Décret-loi n° 49/2016 du 27 septembre 2016, établit la structure, l'organisation et les règles de fonctionnement du ministère de l'Agriculture et de l'Environnement, ci-après dénommé MAA. *Bulletin officiel de la République du Cabo Verde*, I série, n° 57, 27 septembre 2016 : 1828.

Ordonnance conjointe n° 41/2020 du 14 août 2020, approuve le Plan d'aménagement du territoire pour la zone côtière et la mer adjacente (POOCM) de l'île de Boa Vista. *Bulletin officiel de la République du Cabo Verde*, I série, n° 99, 14 août 2020 : 2354.

Ordonnance n° 112/2020 du 10 septembre 2020, rectifie et republie intégralement la publication faite de manière inexacte dans le Journal officiel n° 99, série I, du 14 août, concernant l'arrêté conjoint n° 41/2020, qui approuve le Plan d'aménagement du territoire de la zone côtière et de la mer adjacente (POOCM) de l'île de Boa Vista. *Bulletin officiel de la République du Cabo Verde*, I série, n° 107, 10 septembre 2020 : 2518.

Résolution n° 112/2015 du 25 novembre 2015, approuve la charte pour la promotion de la croissance bleue au Cabo Verde. *Bulletin officiel de la République du Cabo Verde*, I série, n° 73, 25 novembre 2015 : 2410.

Résolution n° 26/2018 du 11 avril 2018, crée une structure de mission pour accompagner le processus de planification et d'organisation de la zone économique spéciale de l'économie maritime à São Vicente. *Bulletin officiel de la République du Cabo Verde*, I série, n° 21, 11 avril 2018 : 478.

Sénégal

Arrêté ministériel n° 2463 du 19 avril 2006, portant organisation et fonctionnement de la Direction de la gestion et de l'exploitation des fonds marins (DGEFM). *Journal officiel de la République du Sénégal*, n° 6294, 26 août 2006.

Arrêté ministériel n° 2466 du 19 avril 2006, portant organisation et fonctionnement de la Direction des pêches maritimes. *Journal officiel de la République du Sénégal*, n° 6286, 8 juillet 2006.

Arrêté ministériel n° 2467 du 19 avril 2006, portant organisation et fonctionnement de la Direction de la protection et de la surveillance des pêches. *Journal officiel de la République du Sénégal*, n° 6286, 8 juillet 2006.

Arrêté ministériel n° 3825 du 29 juillet 2005, portant organisation de la Direction des ports et transports maritimes extérieurs. *Journal officiel de la République du Sénégal*, n° 6249, 5 novembre 2005.

Décret n° 2006-322 du 7 avril 2006, portant création de la Haute Autorité chargée de la coordination de la sécurité maritime, de la sûreté maritime et de la protection de l'environnement marin (Hassmar). *Journal officiel de la République du Sénégal*, n° 6296, 9 septembre 2006.

Décret n° 2009-1302 du 20 novembre 2009, portant création et fixant les règles d'organisation et de fonctionnement de l'Agence nationale de l'aménagement du territoire (Anat). *Journal officiel de la République du Sénégal*, n° 6513, 20 février 2010.

Décret n° 2009-1450 du 30 décembre 2009, portant partie réglementaire du Code de l'urbanisme. *Journal officiel de la République du Sénégal*, n° 6525, 8 mai 2010.

Décret n° 2009-583 du 18 juin 2009, portant création, organisation et fonctionnement de l'Agence nationale des affaires maritimes (Anam). *Journal officiel de la République du Sénégal*, n° 6489, 19 septembre 2009.

Décret n° 2011-486 du 8 avril 2011, portant création et fixant les règles d'organisation et de fonctionnement de l'Agence nationale de l'aquaculture (ANA). *Journal officiel de la République du Sénégal*, n° 6587, 17 septembre 2011.

Décret n° 2019-789 du 17 avril 2019, relatif aux attributions du ministre des Pêches et de l'Économie maritime. <https://www.sec.gouv.sn/d%C3%A9cret-n%C2%B0-2019-789-du-17-avril-2019-relatif-aux-attributions-du-ministre-des-p%C3%A4ches-et-de-leconomie>

Décret n° 2019-791 du 17 avril 2019, relatif aux attributions du ministre des Collectivités territoriales et de l'Aménagement du Territoire. <https://www.sec.gouv.sn/d%C3%A9cret-n%C2%B0-2019-791-du-17-avril-2019-relatif-aux-attributions-du-ministre-des-collectivit%C3%A9s>

Décret n° 2019-794 du 17 avril 2019, relatif aux attributions du ministre de l'Environnement et du Développement durable. <https://www.sec.gouv.sn/d%C3%A9cret-n%C2%B0-2019-794-du-17-avril-2019-relatif-aux-attributions-du-ministre-de-l%E2%80%99environnement-et-du>

Loi n° 2001-01 du 15 janvier 2001, portant Code de l'environnement. <https://www.sec.gouv.sn/code-de-l%E2%80%99environnement>

Loi n° 2008-43 du 20 août 2008, portant Code de l'urbanisme. *Journal officiel de la République du Sénégal*, n° 6438, 15 novembre 2008.

NOTES

1. La République du Cap-Vert a changé son nom officiel dans toutes les langues en République du Cabo Verde le 24 octobre 2013 dans une demande soumise au Secrétaire général par le représentant permanent du pays auprès des Nations unies. Conformément à cette demande, il ne sera fait mention dans cette publication qu'au Cabo Verde. Afin de respecter les titres des œuvres préalablement parues, les références ou sources imprimées mentionnant dans leur titre « Cap-Vert » (en français) ou « Cape Verde » (en anglais) n'ont pas été modifiées.

2. Voir <https://www.marineregions.org/>

AUTEURS

JOSÉ GUERREIRO

Biologiste, Centre de la mer, université de Lisbonne, Portugal.

ANA CARVALHO

Biologiste, Centre de la mer, université de Lisbonne, Portugal.

DANIELA CASIMIRO

Biologiste, Centre de la mer, université de Lisbonne, Portugal.

Chapitre 10. Les enjeux informationnels de la planification spatiale marine

Les leçons tirées du cas des petites pêches artisanales au Sénégal

Brice Trouillet, Ndickou Gaye, Aïchetou Seck, Michel Desse, Awa Niang, Alexis Fossi, Thierry Guineberteau, Alioune Kane et Laurent Pourinet

Introduction

- 1 La planification spatiale marine (PSM) suppose de pouvoir « objectiver » la répartition des activités en mer sur la base d'informations. Parmi celles-ci, l'information géographique occupe une place centrale. Or de sa construction à sa diffusion (types, métriques, méthodes de collecte et de traitement, modes de représentations, qualités et fiabilité, outils et formes de diffusion, etc.), une série de choix loin d'être « objectifs » ou neutres se succèdent (D'AQUINO *et al.*, 2002 ; ILIADIS et RUSSO, 2016 ; KITCHIN et LAURIAULT, 2018 ; NOUCHER *et al.*, 2019). La formule de BOWKER (2005) reprise par GITELMAN et JACKSON (2013) le résume d'ailleurs parfaitement à propos des données : « *'Raw data' is both an oxymoron and a bad idea* ». L'information géographique qui intervient lors de la PSM n'échappe évidemment pas à la règle (BOUCQUEY *et al.*, 2019 ; CAMPBELL *et al.*, 2020 ; TROUILLET, 2019). Au cœur même de la PSM, se dessine alors une question informationnelle encore peu débattue. Celle-ci se situe à la croisée de plusieurs problèmes soulevés par la littérature scientifique sur la PSM notamment : l'inégale répartition de ses bénéfices, la prééminence de l'approche rationaliste, l'absence de réelles fondations théoriques ou encore la position dominante de certains intérêts au détriment d'autres (FLANNERY et ELLIS, 2016 ; FLANNERY *et al.*, 2018 ; JENTOFT, 2017 ; KIDD et Ellis, 2012 ; TAFON, 2019 ; TROUILLET, 2018). Plus particulièrement, deux éléments peuvent accentuer davantage cette question informationnelle.
- 2 Premièrement, celle-ci se pose avec une acuité particulière lorsque l'on cherche à caractériser spatialement des activités dispersées, mobiles, variables, donc difficiles à

décrire et à représenter. La difficulté peut encore être renforcée s'agissant d'activités situées à la limite du secteur non marchand ou informel pour lesquelles les systèmes d'observation peuvent être inopérants. Cela renvoie d'ailleurs à une autre limite qui fait tacitement de la PSM un exercice consistant à rationaliser l'usage de l'espace dans une recherche de maximisation des gains économiques tout en tenant compte des écosystèmes marins, laissant ainsi de côté d'autres dimensions associées à cet usage (culturelles, sociales, identitaires, religieuses, territoriales). En somme, il ne s'agit pas seulement de définir quoi observer, mais aussi de savoir comment, c'est-à-dire avec quelles variables. Les pêches et notamment les « petites pêches », artisanales ou vivrières, se trouvent précisément dans une situation critique, car souvent placées hors des radars des systèmes d'observation (AGAPITO *et al.*, 2019 ; TROUILLET *et al.*, 2019), donc de fait marginalisées (PAULY, 2006), et, au mieux, résumées par des métriques bioéconomiques inaptes à en restituer la complexité et la diversité (TOLVANEN *et al.*, 2019 ; SAID et TROUILLET, 2020).

- 3 Deuxièmement, cette question informationnelle prend un tour différent dans les pays tropicaux en développement et émergents principalement pour deux raisons : la plus grande rareté des données (MILLS *et al.*, 2011) et la dépendance informationnelle vis-à-vis d'acteurs étrangers (c'est-à-dire bailleurs étrangers, grandes organisations non gouvernementales internationales) (AVGEROU, 2008 ; WALSHAM et SAHAY, 2006). Aussi, jusqu'à présent, très peu de plans marins y ont vu le jour (FRAZÃO SANTOS *et al.*, 2020 ; TROUILLET, 2020), exception faite de quelques micro-États insulaires et d'autres démarches infranationales parfois apparentées à la PSM comme certaines aires marines protégées (AMP)¹. Or les changements en lien avec l'apparition de nouveaux usages et de quelques grands projets structurants y sont tout aussi nombreux et profonds qu'ailleurs. C'est le cas au Sénégal où les changements à l'œuvre pourraient conduire les autorités sénégalaises à s'engager prochainement sur la voie de la PSM, emboîtant ainsi le pas d'un nombre croissant de pays à travers le monde (ZAUCHA et GEE, 2019). Un projet promouvant la PSM à l'échelle de l'ensemble des pays de la Convention d'Abidjan (dont le Sénégal) est d'ailleurs en cours².
- 4 Ce chapitre entend attirer l'attention sur les enjeux informationnels de la PSM en exploitant le potentiel heuristique du cas des petites pêches artisanales au Sénégal. Plus particulièrement, il s'agit d'interroger le rôle de l'information géographique et des géotechnologies associées dans la PSM avec pour objectif d'identifier les principaux points de vigilance à considérer (cf. encadré 1 sur l'exemple du risque d'accaparement des espaces marins). Pour investir cette question, une approche empirique a été employée. Elle a reposé sur un travail de terrain, des entretiens avec des parties prenantes de l'aménagement maritime et littoral et l'analyse d'un corpus documentaire constitué de rapports et de sites internet des différents acteurs. Dans ce chapitre, nous faisons d'abord état des changements à l'œuvre dans l'espace maritime sénégalais pouvant justifier la mise en œuvre de la PSM dans un avenir proche. Puis nous soulignons l'intérêt d'aborder la PSM par la question informationnelle. Ensuite, nous traitons cette question informationnelle à deux niveaux : celui des pêches à l'échelle nationale et à travers trois études de cas plus localisés. Enfin, nous discutons et concluons autour de quelques enseignements en matière d'information géographique dans le cadre de la PSM dans les pays tropicaux en développement et émergents.

Encadré 1. Ocean grab ou l'accapement des mers

Alexis FOSSI

La notion « d'accapement des mers » trouve son origine dans un rapport de 2012 sur la pêche, rédigé par Olivier DE SCHUTTER (rapporteur spécial sur le droit à l'alimentation) pour l'Assemblée générale des Nations unies. Le rédacteur pointe du doigt les contraintes grandissantes auxquelles sont confrontés les communautés côtières et les pêcheurs artisans. Ces nouvelles menaces sont notamment liées au non-respect des « droits de l'homme » ou des « droits d'accès aux ressources ». Il souligne l'importance d'impliquer les communautés de pêcheurs à tous les stades de développement de projets dans les zones côtières, ou encore dans l'élaboration et la mise en application des politiques de pêche. Une grande partie des recommandations de ce rapport seront intégrées aux Directives sur la pêche artisanale (FAO, 2015), grâce au travail d'organisations comme le Forum mondial des pêcheurs (WFFP) et le Collectif international d'appui aux travailleurs de la pêche (ICSF) lors des négociations avec le Comité des pêches de l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (COFI). En 2014, la problématique de l'accapement des mers a été analysée dans le cadre d'une étude réalisée conjointement par trois organisations d'appui aux pêcheurs et au monde paysan (TNI *et al.*, 2014) avec le WFFP. Les causes identifiées de ce phénomène sont très diverses. Une des plus importantes étant la définition au travers de mécanismes complexes de politiques des pêches et de droit d'accès aux ressources sous forme de quotas dont les pêcheurs artisans sont souvent exclus. Les autres facteurs sont l'accroissement du nombre de projets liés à l'aquaculture ou à la production d'énergie (éolien en mer), la création de grandes aires marines protégées associées à des projets écotouristiques, l'expansion de l'industrie d'extraction « oil & gas » ou encore le développement d'infrastructures portuaires. Ces activités, aujourd'hui regroupées au sein du concept d'économie bleue, impliquent très souvent une forme de privatisation ou des restrictions de l'accès aux espaces et/ou aux ressources marines ou côtières. Les communautés de pêcheurs, qui dépendent de ces espaces et de ces ressources pour leur subsistance, ne sont pas pour autant associées aux processus de réflexion et de décision qui restent principalement orientés en fonction des bénéfices financiers à court terme. Le Transnational Institute (TNI) reprend le dossier en 2018, et propose une analyse critique de la croissance bleue. La planification spatiale maritime (PSM) y est alors présentée comme un outil favorisant la privatisation des espaces maritimes au profit des industries les plus « rentables » comme l'extraction des énergies fossiles et le transport maritime.

Pour en savoir plus

BRENT Z., BARBESGAARD M., PEDERSEN C., 2018

The Blue Fix: unmasking the politics behind the promise of blue growth. Amsterdam, TNI, 24 p. <https://www.tni.org/en/bluegrowth>

DE SHUTTER O., 2012

Rapport intermédiaire du Rapporteur spécial sur le droit à l'alimentation. Assemblée générale, soixante-septième session, A/67/268, New York, Nations unies, 28 p.

FAO, 2015

Directives volontaires visant à assurer la durabilité de la pêche artisanale. Rome, FAO,

39 p. <https://www.fao.org/documents/card/en/c/14356F>

TNI, MASIFUNDIRI DEVELOPMENT TRUST, AFRIKA KONTAKT, WFFP, 2014

L'accaparement mondial des mers. Un livret. 57 p. http://worldfishers.org/wp-content/uploads/2014/08/The_Global_Ocean_Grab-FR.pdf

Planification spatiale marine et information géographique

- 5 L'objet de cette partie est de mettre en tension les enjeux émergents de partage de l'espace maritime et côtier au Sénégal, et de montrer l'intérêt de leur approche par la question informationnelle dans le domaine des pêches.

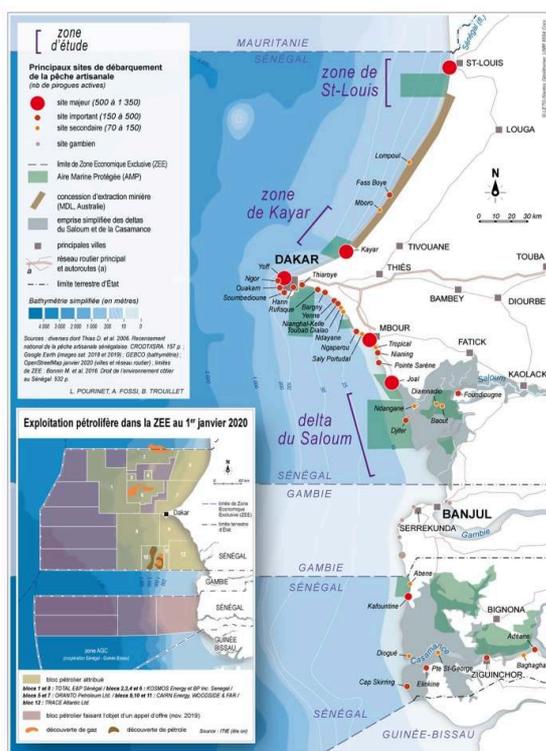
Changements à l'œuvre dans l'espace maritime et côtier sénégalais

- 6 Les changements à l'œuvre dans l'espace maritime sénégalais sont particulièrement nombreux depuis quelques années. Ils touchent l'ensemble des secteurs côtiers et maritimes de l'espace sénégalais, certes à des niveaux variables, et sont reliés à des changements globaux (climat, énergie, etc.).
- 7 Après plusieurs initiatives sectorielles, le Plan Sénégal Émergent³ (PSE) (RÉPUBLIQUE DU SÉNÉGAL, 2014) vient affirmer une stratégie de développement d'ensemble à l'horizon 2035, notamment axée sur la diversification des activités. Il en découle en particulier un ambitieux Plan stratégique de développement de l'aquaculture (PSDA) adopté en décembre 2016. Son objectif est de porter la production aquacole à 40 000 ou 50 000 t en 2023 selon les sources (BONNIN *et al.*, 2016), la multipliant ainsi par 40 ou 50, avec quelques secteurs géographiques identifiés notamment la Casamance (département de Sédhiou en amont d'Adéane ; fig. 1). De même, après que différents outils aient été mis en place précédemment (l'Agence nationale de promotion touristique en 2004, la Société d'aménagement et de promotion des côtes et zones touristiques du Sénégal en 1975 dont le périmètre d'action a été porté au-delà de la Petite Côte à partir de 2004) et qu'une première stratégie de développement touristique ait été définie en 2005, le tourisme fait l'objet d'un soutien prioritaire dans le cadre du PSE. Si cet objectif de développement touristique est affirmé pour l'ensemble du territoire sénégalais, l'effet levier attendu est particulièrement fort dans les zones littorales qui comptent cinq des six « zones touristiques intégrées⁴ » du PSE. Aussi, le domaine de l'énergie n'est pas en reste. Le PSE reprend et développe en effet les orientations contenues dans la lettre de politique de développement du secteur de l'énergie de 2012. S'agissant plus particulièrement des hydrocarbures, après les premières découvertes de gisements en 2014 dans l'actuel bloc 10 (fig. 1), l'espace maritime sénégalais a été ouvert dans sa quasi-totalité à des permis de recherche de gaz et de pétrole offshore. Sur le plan des activités minières, une zone d'extraction de sables (riches en zircon et en ilménite) a été concédée en 2007 et jusqu'en 2032 à la société australienne Mineral Deposits Limited (MDL), correspondant à une bande de 4,5 km s'étendant sur 107 km (BONNIN *et al.*, 2016) (fig. 1). Enfin, pour clore ce rapide tour d'horizon, la stratégie de développement d'infrastructures se décline en plusieurs projets de création de nouveaux ports de commerce. Il y a notamment un projet de port multifonction à Ndayane sur la Petite Côte (fig. 1), construit par la société émiratie

Dubaï Ports World. Il constituerait l'un des maillons d'un grand hub logistique intégrant plusieurs projets portuaires, dont le port vraquier et minéralier actuellement en construction à Bargny, interconnectés par des infrastructures routières, autoroutières et ferroviaires elles-mêmes programmées. À 15 km au nord de Saint-Louis, juste de l'autre côté de la frontière mauritano-sénégalaise, et alors même qu'un projet de port fluviomaritime est dans les cartons à Saint-Louis (sous l'impulsion de l'Organisation pour la mise en valeur du fleuve Sénégal et de la ville de Saint-Louis), le port multifonction de N'Diogo dont la construction exécutée par la société chinoise Polytechnology devrait prochainement s'achever. Le port de N'Diogo a été pensé à la fois pour tirer profit de l'exploitation du gisement offshore de Grand Tortue Ahmeyim à la frontière mauritano-sénégalaise (partiellement dans le bloc 2 ; fig. 1), et pour capter des débarquements de pêche de pêcheurs sénégalais travaillant dans cette zone.

- 8 Tantôt profonds, tantôt rapides, ces changements viennent heurter des activités de pêche en plein questionnement alors que, réparties sur l'ensemble du littoral sénégalais (fig. 1), celles-ci forment la colonne vertébrale de l'économie littorale du Sénégal et la base de nombre de communautés côtières. En effet, après plusieurs années de croissance, les débarquements de pêche au Sénégal se tassent, voire enregistrent une diminution selon les stocks considérés (MINISTÈRE DE LA PÊCHE ET DE L'ÉCONOMIE MARITIME, 2016), dont les origines sont à rechercher dans un assemblage complexe fait de surcapacité de pêche, de dégradation des habitats (MBAYE *et al.*, 2018) ou encore des effets du changement climatique qui redessinent les patrons de distribution d'espèces d'intérêt halieutique. De surcroît, ces changements se manifestent sur fond d'enjeux géopolitiques liés aux accords de pêche avec les pays frontaliers (notamment la Mauritanie⁵) ou ultra-marins (Asie, Europe) ou d'enjeux liés à la pêche illicite, non déclarée et non réglementée (INN) représentant un manque à gagner estimé à près de 300 millions de dollars US par an (BELHABIB *et al.*, 2014). Deux autres éléments viennent compléter un tableau déjà complexe du point de vue des pêches. Premièrement, dans la continuité d'initiatives sous-régionales (PRCM, Réseau régional d'aires marines protégées en Afrique de l'Ouest, Rampao, etc.), une stratégie nationale sénégalaise des AMP a récemment vu le jour emboîtant le pas des engagements internationaux (MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, 2013). À ce jour, le Sénégal compte une quinzaine d'AMP dont quatre relativement vastes (fig. 1). Deuxièmement, la pression urbaine particulièrement forte sur les fronts de mer (construction de complexes hôteliers, projets urbano-portuaires, etc.), conjuguée à des problématiques d'érosion côtière parfois très rapides (Guet-Ndar, Dakar, etc.), exposent les communautés de pêcheurs à des risques d'exclusion et de relocalisation forcées.

Figure 1. Zones d'études et contexte général



Source : L. Pourinet, A. Fossi, B. Trouillet
 Carte disponible en haute résolution : Figure 01 HD

- 9 L'ensemble de ces changements s'expriment alors même que les bases de l'appareil législatif de l'aménagement littoral et maritime censé réguler les effets de ces changements sont encore imprécises, autant côté terre (problèmes de définition du domaine public maritime) que côté mer (absence d'accords sur les frontières maritimes avec le Cabo Verde⁶, zone floue entre la Gambie et le Cabo Verde, et zone de gestion commune entre le Sénégal et la Guinée-Bissau) (BONNIN *et al.*, 2016).

L'information géographique au cœur de la planification spatiale marine

- 10 Bien que puisant sa source dans des expériences menées dès les années 1960 ou 1970, la PSM n'a véritablement commencé à s'imposer qu'à partir du milieu des années 2000. Parmi les nombreuses définitions existantes, on retient ici la plus courante : « *The public process of analyzing and allocating the spatial and temporal distribution of human activities in marine areas to achieve ecological, economic and social objectives that are usually specified through a political process*⁷. » (EHLER et DOUVERE, 2009). Au-delà d'une tentation unificatrice et universaliste, force est de constater qu'en réalité les pratiques embrassent une grande diversité de buts poursuivis et de logiques à l'œuvre (JONES *et al.*, 2016 ; TROUILLET, 2020), faisant basculer le curseur soit du côté de la planification systématique de la conservation (AGARDY *et al.*, 2011 ; KIRKMAN *et al.*, 2019) soit du côté de la planification spatiale au sens large (JAY, 2010a ; OLSEN *et al.*, 2016).

- 11 Trois constantes apparaissent néanmoins, quelle que soit la position occupée entre les deux cas types précités.
- 12 Premièrement, *l'information géographique est omniprésente* tout au long du processus de PSM. Elle sert en effet à décrire l'existant, à construire différents scénarios, à les représenter, et finalement à les décliner sous forme de mesures de gestion spatiales. Les technologies de l'information géographique – notamment les systèmes d'information géographique – sont ainsi convoquées pour réaliser des analyses spatiales multicritères éclairant des « (in)compatibilités » entre usages, réglementations, habitats naturels, espèces et milieu physique (CALDOW *et al.*, 2015 ; PINARBAŞI *et al.*, 2017 ; STELZENMÜLLER *et al.*, 2013). En la matière, les données en entrée (desquelles on extrait des informations) sont fondamentales, car d'elles dépendent en grande partie le résultat final et la manière même de le restituer : « *What data go into the data portals have profound impacts on what kinds of decision-making is possible and how the environment and communities are formatted*⁸ » (CAMPBELL *et al.*, 2020). Encore plus qu'en matière de planification terrestre, la question informationnelle est donc centrale pour la PSM, et ce pour deux principales raisons. D'une part, pour la plupart des acteurs maritimes et surtout des décideurs, l'espace maritime est un espace abstrait et déconnecté de l'expérience (STEINBERG et PETERS, 2015). Il y a donc moins d'alternatives plus qualitatives, voire sensibles à la mise en données de l'espace maritime, et moins de recul critique quant aux données elles-mêmes. D'autre part, cette question informationnelle s'exprime à de multiples niveaux : la présence ou non de telle ou telle information, le contexte de production de l'information, les métriques utilisées, les types de traitement réalisés, les représentations cartographiques produites, le portail ou l'infrastructure de diffusion, ou encore la nature et le statut des producteurs d'information (BOUCQUEY *et al.*, 2019 ; ST. MARTIN et HALL-ARBER, 2008 ; STAMOULIS et DELEVAUX, 2015 ; TROUILLET, 2019 ; SAID et TROUILLET, 2020). À chacun de ces niveaux s'opèrent des choix, conscients ou inconscients, explicites ou implicites, et aucun de ceux-ci ne saurait être considéré comme neutre. Or, la PSM penchant aujourd'hui du côté du modèle quantitatif et rationaliste à la différence de la planification terrestre (JAY, 2010b ; KIDD et ELLIS, 2012), la question informationnelle s'en trouve exacerbée et paradoxalement encore peu étudiée en tant que telle. Ainsi, cette réflexion s'inscrit dans la perspective « d'un renouvellement partiel des cadres méthodologiques de la cartographie critique (...) [qui] doit permettre d'approfondir la description des nouvelles manières de faire des cartes, des étapes de leur fabrication (...) et des rapports de pouvoir qui accompagnent cette fabrication aussi bien dans la conception que dans les usages » (JOLIVEAU *et al.*, 2013).
- 13 L'ancrage rationaliste de la PSM, confinant à la « planification basée sur les faits probants » (*evidence-based planning*) ou encore conduite par les données (*data-driven*), semble lié au double héritage de la PSM formé par la planification systématique de la conservation et la planification spatiale (toujours entendue ici au sens large). En d'autres termes, *la question informationnelle délimite une ligne de fracture épistémologique* en contrepoint entre sciences de la conservation et sciences de l'aménagement du territoire. En l'absence de clarifications et de débats théoriques de fond comme depuis plus d'un siècle pour la planification terrestre, cette ligne de fracture fait rejaillir la question du positivisme dans le champ de la PSM (TROUILLET, 2019). Pourtant, en matière de planification terrestre, DAVOUDI (2006) a par exemple rappelé que les faits et informations ne sont pas en eux-mêmes des preuves (il s'agirait plutôt d'une

combinatoire), et que, si preuves il y a, celles-ci doivent inclure de multiples formes de connaissance. Il faut donc replacer au centre des préoccupations cette question informationnelle aujourd'hui indirectement abordée dans les débats théoriques eux-mêmes encore limités en matière de PSM. À défaut, et en raison d'un certain regain du (néo)positivisme en ce domaine, la question du « comment » est surinvestie au détriment du « pourquoi », renvoyant pour partie au débat un peu usé, mais sans cesse renouvelé entre planifications spatiale et stratégique.

- 14 Troisièmement, *la question informationnelle est une question de pouvoir situé et relationnel*. Elle dépend en effet étroitement de l'agencement – ou réseau – sociotechnique (constitué d'acteurs, mais aussi d'objets comme des informations, des technologies, des discours, etc.), au sein duquel il est distribué (AKRICH, 1989 ; CALLON, 1986 ; 2006 ; LATOUR, 2005). Chacun de ces points du réseau va jouer sur les autres et ainsi contribuer à façonner les rapports de pouvoir entre acteurs. Pour prendre un exemple extrême, une situation de *data deluge* où les données sont abondantes différera d'une autre où les données manquent ; même si l'abondance de données ne préjuge en rien de la qualité des données et réciproquement. D'une certaine manière, le fait que la question informationnelle soit une question de pouvoir situé et relationnel fait écho au changement qui s'est opéré d'un intérêt porté à la carte en tant qu'objet, à la carte en tant que pratique (CRAMPTON, 2009) ou, par extension, à l'information géographique en tant qu'objet, à l'information géographique en tant que pratique. Si depuis longtemps la capacité de l'information géographique à exercer un pouvoir sur les catégories dominées a été pointée (PICKLES, 1995 ; CHAMBERS, 2006 ; DUNN, 2007), la vigilance est particulièrement de mise dans le contexte ouest-africain, car les normes et références y sont habituellement définies de manière exogène (comme souvent par les bailleurs et les producteurs de données) négligeant ainsi le pluralisme, le niveau local ou encore les savoirs dits non scientifiques (D'AQUINO *et al.*, 2002). Ce constat a d'ailleurs été à l'origine du développement des systèmes d'information géographique (SIG) participatifs (CRAMPTON, 2010), et pour partie de l'émergence des courants de cartographie critique, de SIG critique, de contre-cartographie et même de *data-activism*. Il est alors question de pouvoir invisible (LUKES, 2015), renvoyant pour partie à ce que YOUNG (1990) définit comme l'impérialisme culturel, c'est-à-dire un processus conduisant à l'acceptation inconsciente des normes et références des dominants. Dans un contexte à la fois maritime et tropical où l'information géographique vient particulièrement à manquer, l'attention doit donc être portée sur l'intrication des approches *top-down* et *bottom-up* (notamment participatives) de production d'informations, et la question informationnelle associée, notamment : l'analyse des réseaux formels et informels d'informations, des pouvoirs et des modalités de collecte et des outils d'intégration des connaissances (POMEROY *et al.*, 2014).
- 15 Ces trois constantes justifient pleinement de s'intéresser de plus près à cette question informationnelle, avec un cadre problématique et méthodologique renouvelé et explicitement attentif aux enjeux de pouvoir, et notamment de l'appliquer au cas des petites pêches au Sénégal.

La question informationnelle dans le domaine des pêches sénégalaises

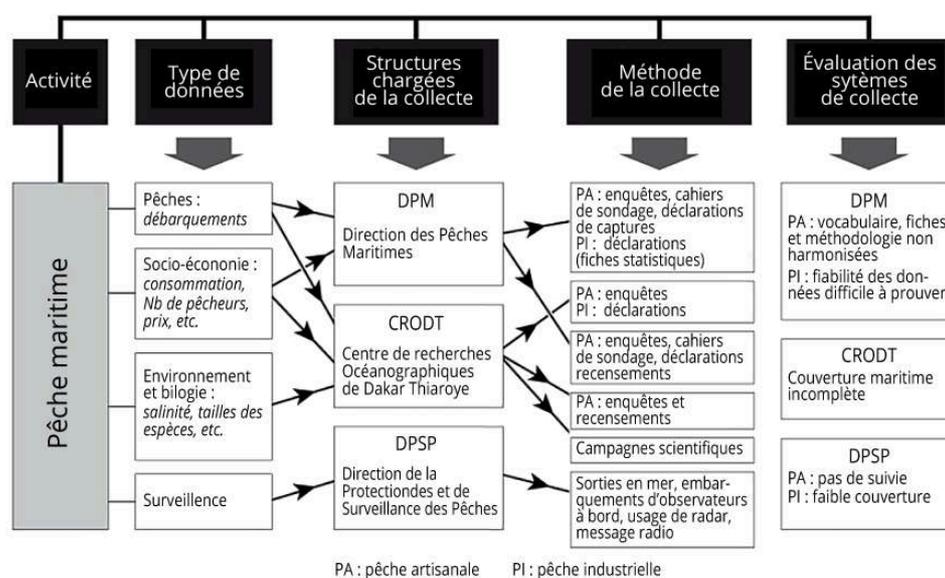
- 16 Cette partie a pour but de décrire rapidement les pêches sénégalaises et les systèmes d'information associés, puis d'enrichir cette première analyse par l'abord de trois cas d'étude fournis par les régions de Saint-Louis, de Kayar et du delta du Saloum.

Les informations sur les pêches à l'échelle du Sénégal

- 17 Alors qu'il existe de longue date une activité de pêche piroguière sur les côtes sénégalaises, la puissance coloniale française cherche dès le début du 20^e siècle à mettre en valeur systématiquement les ressources maritimes sénégalaises (CHAUVEAU et SAMBA, 1990). Si au début « l'objectif est d'approvisionner en produits alimentaires la métropole en guerre et la population européenne locale coupée de l'exportation », les pêches sénégalaises vont connaître de nombreuses évolutions au cours des décennies suivantes (CHAUVEAU et SAMBA, 1990).
- 18 Aujourd'hui composée de deux sous-ensembles aux logiques souvent concurrentes, la pêche maritime au Sénégal peut s'appréhender à travers une dichotomie marquée entre la pêche industrielle et la pêche artisanale. D'une part, la pêche industrielle (basée à Dakar) se caractérise principalement par des navires équipés de moteurs *in-board*. Désormais, son dynamisme est globalement assuré par une flotte nationale chalutière et thonière avec des effectifs respectifs estimés à 104 chalutiers et huit thoniers⁹, sans compter la présence d'une flottille étrangère. Les débarquements sont destinés à l'exportation et, contrairement à la pêche artisanale, la pêche industrielle joue un faible rôle dans l'économie nationale. D'autre part, la pêche artisanale ou la pêche traditionnelle est souvent analysée à travers (1) l'unité de production basée sur le ménage, (2) l'acquisition de connaissances et de compétences adaptées au milieu local, basée sur une transmission locale ou traditionnelle, ou encore (3) l'utilisation de technologies relativement simples (JENTOFT, 2006 ; WORLD BANK, 2008 ; 2012). Ainsi, pour tenter d'en approcher la diversité et la complexité, divers critères de définition sont combinés : technologiques (taille de l'embarcation et type d'engin de pêche), spatiaux (aire d'exploitation, aire d'écoulement des prises) et socio-économiques (capital, main-d'œuvre, insertion dans les marchés locaux et nationaux) (CHUENPAGDEE *et al.*, 2006 ; GARCIA *et al.*, 2010). Au Sénégal, la pêche artisanale connaît une évolution notable grâce à son caractère flexible qui lui permet non seulement d'intégrer de nouveaux acteurs et de développer des filières connexes et des réseaux d'échanges, mais aussi de constituer un levier de développement. On estime la flottille à 19 000 pirogues motorisées à plus de 90 %¹⁰. Il se conçoit immédiatement que les enjeux en matière de suivi des pêches sont différents selon ces deux grands types de pêche avec, dans le cas de la pêche industrielle, une flottille concentrée dans le port de Dakar et des effectifs réduits et, dans le cas de la pêche artisanale, une flottille disséminée tout au long de la côte, très diversifiée dans ses formes, et beaucoup plus importante en nombre.
- 19 L'activité de pêche ne peut pas se réduire à sa seule dimension bioéconomique : elle constitue la forme de maritimisation des sociétés littorales la plus visible. L'espace halieutique sénégalais présente des formes d'exploitation et d'appropriation que les politiques ont longtemps cherché à structurer et à organiser. Néanmoins, les initiatives

et stratégies du gouvernement sénégalais en matière de collecte d'information reposent essentiellement sur deux objectifs : le développement du secteur halieutique et la gestion de la ressource halieutique (FAO, 2008). L'analyse du second objectif fournit un aperçu sur les informations existantes sur les pêches à l'ensemble de l'espace maritime sénégalais. En effet, afin d'assurer la pérennité de ses ressources marines, l'État sénégalais s'est fortement appuyé sur le cadre institutionnel, notamment à travers le renforcement des capacités et des moyens d'action de l'administration des pêches. Au niveau national, la collecte et la gestion de l'information relèvent de la Direction des pêches maritimes (DPM), la Direction de la protection et de surveillance des pêches (DPSP) et du Centre de recherches océanographiques de Dakar Thiaroye (CRODT) (fig. 2). Ces administrations sont relayées par des services décentralisés aux niveaux régional et départemental, et localement par des postes de contrôle. Constituant un système de suivi classique, ce cadre institutionnel vise à fournir des informations alimentant les réflexions sur les politiques sectorielles, notamment celles visant l'aménagement des pêches, le cadre réglementaire et environnemental, la mise en place de programmes de suivi et de contrôle de certaines espèces surexploitées (par exemple requins et crevettes).

Figure 2. Collecte et gestion de l'information sur la pêche maritime à l'échelle nationale



Source : UEMOA (<http://atlas.stafpeche-uemoa.org/>)

- 20 Le système d'information relatif au secteur des pêches s'appuie ainsi fortement sur des structures administratives centrales et déconcentrées, mais aussi sur des structures de recherche nationales (notamment le CRODT). Ces structures sont surtout orientées vers la collecte d'informations sur la ressource (débarquements, taille/poids, qualité, provenance, etc.) Cependant, cette organisation demeure fortement handicapée par le manque de moyens financiers et humains. En effet, l'évolution tentaculaire de la pêche artisanale pose un problème de contrôle et de suivi. Les agents des centres de pêches sont en sous-effectifs et la coopération au niveau local avec les structures de gestion (notamment pour les contrôles en mer) n'est pas opérationnelle. D'une part, les bénévoles peu nombreux ne sont pas assermentés et se heurtent très souvent à une

résistance de la part des pêcheurs artisans. D'autre part se pose la question de la fiabilité des données recueillies qui sont souvent biaisées voire le fruit d'extrapolations.

- 21 Le système de suivi des bateaux de pêche étrangers est également problématique. Le suivi satellite par VMS (*Vessel Monitoring System*), rendu obligatoire par l'Arrêté ministériel n°009757 du 5 décembre 2005, permet en théorie de recevoir des données sur la position des navires exerçant dans les eaux nationales sénégalaises et ainsi de vérifier leurs activités. En pratique, la surveillance est loin d'être régulière. Les patrouilles aériennes (survol, photographie et identification des bateaux) sont assujetties à la disponibilité des éléments français au Sénégal (EFS) (DIAGNE, 2014) alors que les patrouilles maritimes (surtout en haute mer) exigent des moyens financiers importants. Ces contraintes empêchent un suivi régulier et constituent une porte ouverte à la pêche illicite, non déclarée et non réglementée (INN).
- 22 Il est à noter l'implication d'autres acteurs dans la production de données aux côtés de l'administration sénégalaise des pêches : autres ministères (celui notamment en charge de l'environnement via la Direction des aires marines communautaires), organisations et fédérations nationales (Groupement des armateurs et industriels de la pêche au Sénégal, Gaipes, Union patronale des mareyeurs-exportateurs du Sénégal, Upames, Conseils locaux de pêche artisanale, CLPA), organisations supranationales étrangères ou régionales (Union européenne, Commission sous régionale des pêches), structures scientifiques et organisations non gouvernementales (ONG) à travers les programmes de recherche, etc. Ces différentes coopérations permettent plus ou moins ponctuellement l'apport d'informations complémentaires, aussi bien pour le suivi en routine que dans des domaines non couverts par les systèmes d'observation.
- 23 Ainsi, le recueil de données sur le secteur des pêches est confronté à des lacunes (fiabilité, disponibilité des ressources humaines, techniques et financières, etc.). Une fois collectées, les informations sont traitées par les autorités sénégalaises et diffusées par le biais de rapports statistiques parfois accessibles en ligne. Il n'existe pas ou peu de traitements géographiques des données collectées si ce n'est à travers les points de débarquements. À ce jour, il n'existe pas au Sénégal d'infrastructure de données sur les pêches (*a fortiori* en accès libre).

La région de Saint-Louis : le multi-usage et le jeu des échelles

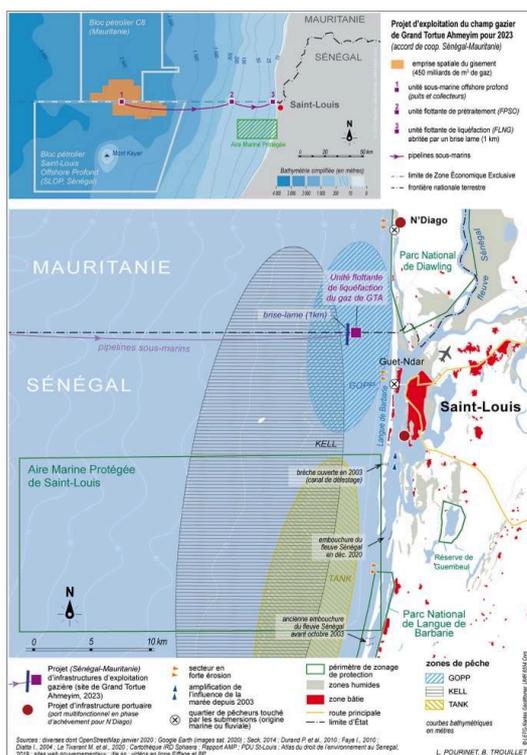
- 24 La région de Saint-Louis (fig. 1) compte parmi les zones de pêches artisanales les plus actives et anciennes du pays. La pêche artisanale est essentiellement le fait des pêcheurs migrants de Guet-Ndar qui comptent parmi les communautés littorales ouest-africaines ayant participé à introduire la pêche dans une économie de marché (SECK, 2014). Par son dynamisme et profitant d'avancées technologiques, la communauté Guet-Ndarienne a renforcé ses migrations de pêche sur l'ensemble du littoral ouest-africain avec des zones de prédilection comme la Mauritanie ou encore la Guinée-Bissau (DÈME *et al.*, 2012). La mobilité de l'unité de production (la pirogue), sa spécialisation par rapport à la ressource et l'investissement consenti pour des migrations longues offrent dès lors aux pêcheurs Guet-Ndariens de Saint-Louis une succession d'espaces halieutiques éclatés dont la couverture se déploie au-delà de la juridiction nationale sénégalaise.
- 25 Dans la région de Saint-Louis, les spécificités de la pêche corrélées à l'apparition d'autres activités et fonctions maritimes (AMP, blocs gaziers et futurs ports)

concourent aujourd'hui à former de véritables enjeux de planification spatiale marine : modalités de partage de l'espace maritime, gestion intégrée du littoral et de ses ressources, ou encore protection de l'environnement. Ces enjeux doivent être abordés à une échelle adaptée et tenant compte de limites fonctionnelles qui, dans le cas de la région Nord, transcendent la frontière mauritano-sénégalaise, voire se dessinent à l'échelle d'un ensemble sous-régional. L'espace de pêche saint-louisien subit en effet de profondes et rapides mutations qui réinterrogent la dynamique des activités en présence. Déjà en 2004, la création d'une AMP d'une superficie de 496 km² avait bouleversé la perception spatiale des pêcheurs artisans et reposé la question de la capacité de l'administration locale à réglementer, gérer et surveiller un espace marin. Lors de sa mise en place, trois considérations sont alors prises en compte dans le tracé de l'AMP de Saint-Louis, située entre le canal de délestage ouvert sur la Langue de Barbarie en 2003 et l'ancienne embouchure (fig. 3) :

- englober une importante zone de frayère regorgeant de ressources crevettières nécessaires à la présence d'espèces démersales (les pêcheurs ont participé à sa définition) ;
- éviter toute proximité avec les zones d'habitations des pêcheurs donc loin du quartier de Guet-Ndar tout en n'empiétant pas sur la zone de Louga situé plus au sud ;
- déterminer une importante étendue pour l'AMP, car pour les pêcheurs cela constituerait un atout dans la lutte contre les incursions répétées des chalutiers dans leur espace de pêche (arbitrairement fixé par l'État à 6 milles au large).

26 Cependant, le processus de délimitation participatif de l'AMP fait rapidement l'unanimité contre lui au sein de la communauté qui craint des restrictions et des sanctions sur la ressource. S'ensuivent de nombreuses revendications voire un déni du territoire de conservation ainsi créé par certaines catégories d'utilisateurs (utilisateurs de filets dormants et de la senne tournante). Par ailleurs, le manque de moyens de surveillance (équipements et personnel), l'absence de balisage ainsi que les conflits de compétence entre le ministère des Pêches maritimes et celui de l'Environnement constituent autant d'obstacles au bon fonctionnement de l'AMP. Aujourd'hui, l'AMP de Saint-Louis est reconnue comme un espace de gestion par les pêcheurs. Reste que l'actualisation de son périmètre dépend toujours de la disponibilité de l'information permettant aux gestionnaires d'établir une planification et une représentation cartographique claires faisant aujourd'hui encore défaut (fig. 3).

Figure 3. Enjeux de la planification spatiale dans la région de Saint-Louis



Source : L. Pourinet, B. Trouillet

Carte disponible en haute résolution : Figure 03 HD

- 27 Dans ce contexte apparaissent de nouveaux enjeux sur la façade maritime de Saint-Louis avec la découverte de blocs gaziers et la relance du transport fluviomaritime à travers les projets portuaires (port « polonais » de Saint-Louis et port de N'Diago). En effet, bien que l'existence d'un potentiel en hydrocarbures soit discutée, et des recherches menées depuis les années 1990, ce n'est que vers 2000 que l'État sénégalais initie des contrats d'exploration avec des compagnies pétrolières. Les activités d'exploration et de production d'hydrocarbures menées sur le bassin sédimentaire sénégalais vont par la suite confirmer entre 2014 et 2016 la présence d'importantes réserves de pétrole et de gaz tout le long du littoral avec une perspective d'exploitation effective à l'horizon 2022 (fig. 1).
- 28 Dans ce contexte, la zone de Saint-Louis présente de grandes opportunités avec le champ gazier de Grand Tortue Ahmeyim à la frontière mauritano-sénégalaise (fig. 3). Avec des réserves estimées à 450 milliards de m³ selon la compagnie BP¹¹, le champ gazier est situé dans des formations rocheuses sous le fond marin situé à 125 km des côtes et couvre une surface totale réputée égale à 9 463 km². Par la suite, un accord-cadre est signé le 14 janvier 2016 entre la Société des pétroles du Sénégal (Petrosen), la Société mauritanienne des hydrocarbures et du patrimoine minier (SMHPM) et Kosmos Energy Ltd¹². Cet accord porte sur la délimitation, l'évaluation, le développement et l'exploitation des ressources communes d'hydrocarbures de la zone. Par ailleurs, les zones d'activité sont précisées avec :
- une zone offshore à environ 125 km de la côte et à une profondeur d'eau de 2 700 m. Elle comprend le champ gazier ainsi que les puits sous-marins et les collecteurs ;

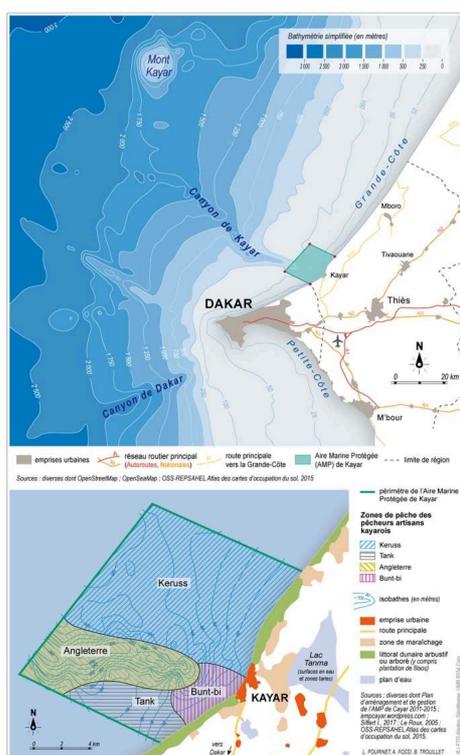
- une zone de pipelines reliant les infrastructures offshore et celles à proximité des côtes. Elle abritera une installation flottante appelée FPSO (unité flottante de production, de stockage et de déchargement) et une plateforme à environ 35-40 km de la côte pour le prétraitement du gaz et l'élimination des liquides du gaz ;
 - une zone près des côtes où un brise-lame protégera l'installation flottante prévue pour liquéfier le gaz. D'une longueur de 1 km, ce brise-lame sera distant de la côte d'environ 3 à 5 km, là où la profondeur est d'environ 16 à 20 m.
- 29 Destiné à l'exportation ainsi qu'aux marchés domestiques, et bien que porteur de nombreuses attentes économiques, le projet de Grand Tortue Ahmeyim suscite des interrogations quant à ses potentiels impacts. En effet, bien qu'une consultation publique ait été menée en 2017 sur la communication du projet entre les parties prenantes du projet et les acteurs locaux de Saint-Louis (organisations de pêcheurs, groupements de femmes transformatrices, mareyeurs, populations de Saint-Louis, autorités administratives et locales, ONG, universitaires, etc.), les informations manquent cruellement pour identifier les impacts environnementaux et sociaux de l'exploitation gazière.
- 30 Ainsi, les pêcheurs de Guet-Ndar redoutent que l'implantation future du terminal gazier entraîne une réduction de leur territoire de pêche dans un contexte déjà tendu. D'après eux, une perte de territoire occasionnerait une baisse des débarquements et de leurs revenus, sans compter les risques d'accident, les problèmes de sécurité et les pollutions occasionnés par l'exploitation. Les acteurs de la conservation (gestionnaires de l'AMP et du parc national de la Langue de Barbarie) émettent des incertitudes fortes quant au devenir des couloirs de migration de certaines espèces (avifaune, tortues marines et cétacés) face au bruit occasionné par les activités sismiques. Les services déconcentrés de l'État se trouvent démunis pour anticiper les risques de pollution et de dégradation de l'environnement marin. Les autorités locales ont un impérieux besoin de connaissances pour faire face aux enjeux liés à l'érosion côtière, très active sur la côte nord, pourtant confrontée à deux importants projets portuaires. Avec le recul des côtes particulièrement marqué sur la Langue de Barbarie, les expériences de relocalisation des populations Guet-Ndariennes vers l'intérieur n'étant pas toujours réussies (surtout dans le cas des communautés de pêcheurs qui sont très réfractaires à ces mesures), la gestion des risques notamment pour les communautés côtières vulnérables nécessitera une planification qui prenne davantage en compte le besoin de données d'observation de la dynamique côtière¹³. Dans ce contexte, la mise à jour des plans d'aménagement et de gestion (PAG) sur la base d'éléments étayés devient donc un impératif afin de réévaluer les ressources humaines et financières à mobiliser dans ce nouveau contexte. De manière transversale, la question des moyens financiers nécessaires aux différents suivis reste sans réponse claire à ce jour.

L'AMP de Kayar : la cartographie des lieux de pêche

- 31 Les zones de pêche des flottilles artisanales au Sénégal se sont considérablement agrandies au cours des dernières décennies. Bien qu'économiquement très importante pour le pays, l'activité de pêche artisanale n'est cependant pas encore géoréférencée de façon officielle et systématique alors que de très nombreuses données existent. L'exemple des ligneurs de Kayar illustre, au niveau d'un centre de pêche dynamique, le potentiel existant au niveau national.

32 Situé à environ 60 km au nord de Dakar (fig. 1), Kayar est considéré depuis longtemps comme l'un des deux principaux centres de débarquement de la pêche artisanale sur la côte nord-sénégalaise avec Saint-Louis (CURY et ROY, 1987). En effet, la topographie particulière de la côte ainsi que la présence d'un canyon sous-marin qui entaille profondément le plateau continental engendrent une discontinuité du milieu qui influence fortement la répartition du poisson dans cette zone (CURY et ROY, 1987) (fig. 4). Dès les années 1950, la pêche artisanale s'y développe avec la construction d'une route goudronnée suite aux recommandations de la conférence de la pêche maritime tenue en 1948 à Dakar (CHABOU et KEBE, 1989). Par la suite, différents projets participent au développement du site : la Coopérative sénégalaise d'apport et de distribution des produits de la mer (Coopmer) avec un complexe industriel en 1950, puis les Centres d'aide à la pêche artisanale sénégalaise (Capas) et les Centres d'aide à la motorisation des pirogues (Camp) dans les années 1970¹⁴; au début des années 2000, des aménagements importants sont réalisés avec l'appui de la coopération japonaise pour améliorer la commercialisation et la transformation des produits. Dans ce contexte, les pêcheurs artisans kayarois développent très tôt une conscience de la singularité de leur environnement marin qui devient leur « territoire de pêche » (CHARLES-DOMINIQUE et MBAYE, 2000).

Figure 4. AMP de Kayar : contexte géographique et zones de pêche des pêcheurs artisans kayarois



Source : L. Pourinet, A. Fossi, B. Trouillet
Carte disponible en haute résolution : Figure 04 HD

33 Cet attachement à un « territoire de pêche » et cette volonté de le préserver, associés à une forte cohésion au niveau local, ont généré des conflits répétés (1953, 1985, 2001, 2005) et parfois violents entre les ligneurs de Kayar et les fileyeurs de Guet-Ndar et de Fassboye (LE ROUX et NOËL, 2007 ; SIFFERT, 2017). Les kayarois voulant interdire la pêche

au filet dormant dans la fosse, en argumentant, à juste titre, que les filets perdus sur les accores « détruisent » les zones de pêche des ligneurs. Cependant, d'après certaines analyses, cet « argument technique » n'aurait été qu'un catalyseur des tensions existantes pour différentes raisons entre les communautés (CRODT, 1985). C'est ainsi que, dans les années 1980, les pêcheurs kayarois participent à la première structuration de la profession au sein du Comité national des pêcheurs sénégalais (CNPS) et créent un Comité des pêches au niveau local. Ce niveau de structuration et d'organisation leur permettra, en 1994, de faire accepter des « règles de gestion » aux deux principales communautés de pêcheurs présentes : les Kayarois et les Guet-Ndariens de Saint-Louis. Ces « règles » acceptées par les deux communautés permettent alors de réguler les apports journaliers de poissons afin de faire remonter les prix et de compenser les pertes économiques liées à la dévaluation du franc CFA (CHARLES-DOMINIQUE et MBAYE, 2000 ; DÈME, 2014).

- 34 À partir de la fin des années 1990, la possibilité d'acquérir un GPS portable – donc utilisable à bord d'une pirogue – aura un impact important sur l'évolution des stratégies de pêche. Il est intéressant de souligner que l'appropriation du GPS par les pêcheurs artisans sénégalais a la particularité d'avoir été très rapide et de n'avoir été appuyée par aucun projet. Ce nouvel outil connaît immédiatement un franc succès au sein des flottilles de ligneurs, comme à Kayar (fig. 5), car il accélère et facilite la précision du positionnement du mouillage déterminant en grande partie la réussite de la pêche en particulier aux abords de la fosse.

Figure 5. Ligneur de Kayar cherchant une position sur son GPS portable



© A. Fossi, 2002

- 35 En 2004, l'État sénégalais crée *ex nihilo* et sous la pression d'une ONG de conservation quatre AMP le long de la côte sans tenir compte des savoirs des communautés de

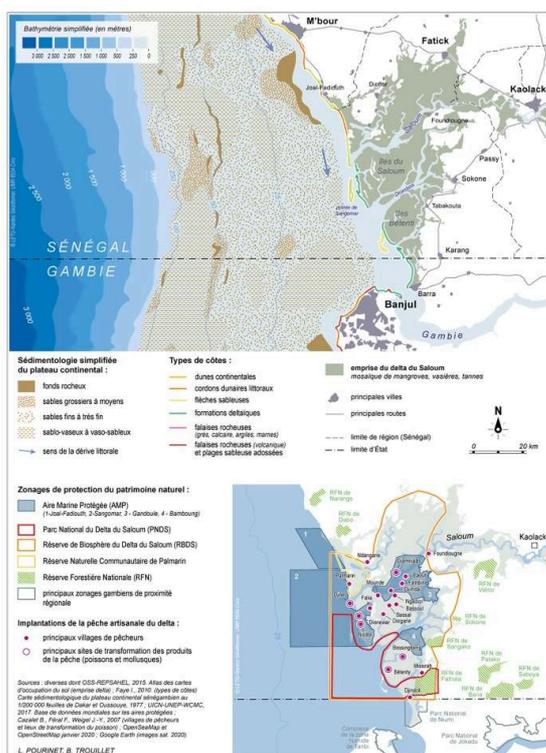
pêcheurs artisans. Seule l'AMP du Bamboung a fait l'objet de concertations avec les communautés locales avant sa mise en place dans le cadre d'un autre programme. À Kayar, il faudra attendre l'élaboration du plan d'aménagement et de gestion de l'AMP en 2007, pour que les savoirs des communautés soient pris en considération (DEME, 2014). Ainsi, la carte du zonage de l'AMP (fig. 4), basée sur la toponymie et les connaissances des pêcheurs artisans, fait apparaître des zones précises et déterminées par la bathymétrie, les différents types de fonds et les usages, et permet ainsi de définir précisément les zones de pêche. Cette cartographie communautaire des zones de pêche se distingue alors très nettement de la délimitation arbitraire et rectangulaire de l'AMP, mais se limite toutefois au périmètre de l'AMP jusqu'à environ 7 milles au large. Elle ne couvre donc pas l'ensemble des zones de pêche de la flottille kayaroise dont le rayon d'action avait été estimé entre 10 milles et plusieurs dizaines de kilomètres (CURY et ROY, 1987 ; CHARLES-DOMINIQUE et MBAYE, 2000). Il est donc fort probable que les pêcheurs artisans kayarois ont une vision de leur « territoire de pêche » et une toponymie associée aux zones de pêche, qui s'étend bien au-delà des limites de l'AMP vers le nord, vers l'ouest et le large.

- 36 Au sein des différentes communautés de pêcheurs artisans sénégalais, il existe aujourd'hui des savoirs géographiques très fins sur les zones et les pratiques de la pêche artisanale. À l'image du travail réalisé à Kayar, une valorisation des savoirs des communautés de pêcheurs artisans, au moins à l'échelle des grands centres de pêche, permettrait d'élaborer des « cartes à dire de pêcheurs¹⁵ », évolutives, réalisées par et pour les pêcheurs artisans, et permettant d'appréhender dans sa globalité l'occupation de l'espace maritime par le secteur de la pêche artisanale. Compte tenu des nombreux enjeux qui pèsent sur la pêche aujourd'hui au Sénégal, ce travail de fabrication de l'information géographique par les acteurs de la pêche artisanale permettrait d'envisager une juste prise en compte du secteur des pêches dans le cadre d'une future PSM au Sénégal.

Le delta du Saloum : la pluriactivité et le temps « long »

- 37 Le delta du Saloum est situé dans la région de Fatick (fig. 1), où les populations des milieux estuariens ont des territoires structurés par l'exploitation de ressources multiples, terrestres et aquatiques (CORMIER-SALEM, 1997). Bien que modestes à l'échelle sénégalaise, les activités de pêche dans le delta du Saloum se distinguent par la grande diversité des ressources due aux réservoirs de biodiversité que constitue l'alternance de « bolongs » (bras de mer colonisés par une importante végétation de mangrove) et de « tannes » (partie interne d'un marais à mangrove). S'y forme une marqueterie de terroirs (fig. 6) favorables au prélèvement de ressources marines variées (poissons, crevettes, coquillages) et, au-delà, à la pluriactivité.

Figure 6. Le delta du Saloum : contexte géographique de la pêche artisanale



Source : L. Pourinet, B. Trouillet

Carte disponible en haute résolution : Figure 06 HD

- 38 Jusqu'aux années 1970, l'exploitation de ces ressources reposait sur un équilibre entre plusieurs activités et une saisonnalité, où se mêlaient l'agriculture alors dominante (riz, maïs, mil, arachide, sorgho, etc.), suivie de la pêche artisanale, de l'ostréiculture, de l'élevage et de la cueillette des produits de la mer (mollusques, crustacés, etc.). Cependant, avec le déclin de l'agriculture lié au déficit de la pluviométrie depuis les années 1970, des personnes de plus en plus nombreuses se tournent vers les activités de pêche. La pression se fait ainsi plus forte sur les ressources halieutiques, menaçant l'équilibre préexistant au point de questionner la durabilité des activités de pêche et de fragiliser les communautés côtières (KÉBÉ, 2008). Avec la chute du prix des matières premières agricoles durant les années 1980, le libre accès aux ressources halieutiques et l'insuffisante régulation de l'effort de pêche, ce dernier a très fortement augmenté dans le delta du Saloum : hausse du parc piroguier de 38 % entre 2011 et 2014, accompagnée par une augmentation de la taille des pirogues et de la puissance motrice. Corrélativement, le nombre de sorties annuelles en mer, la technologie de repérage de poissons et les méthodes de pêche utilisées n'ont pas cessé de se développer (DÈME, 1991), exacerbant la situation tout en conduisant les pêcheurs à explorer au gré des marées de plusieurs jours des zones jusqu'alors difficilement accessibles à la rame ou à la voile. Plus globalement, ce sont donc les façons de faire qui ont été modifiées.
- 39 Dans le Saloum, les femmes assurent traditionnellement la quasi-totalité de la transformation des poissons et en tirent des revenus substantiels contribuant à l'amélioration de leurs conditions de vie, ainsi que celles de leurs familles. Cependant, avec ces profondes mutations, elles subissent des difficultés liées à l'approvisionnement en matière première, mais aussi à une flambée des prix d'achat du poisson, car elles

sont fortement concurrencées par les mareyeurs qui disposent d'une capacité financière et matérielle beaucoup plus importante. Malgré le rôle fondamental qu'elles jouent dans les différents segments du secteur (micro-mareyage, transformation artisanale, commercialisation, etc.), elles ne maîtrisent pas toujours les méthodes pour une meilleure valorisation de leurs produits. Aussi, elles vivent sous la menace d'une concurrence accrue exercée par des hommes étrangers (par ex. des Guinéens ou des Burkinabés) qui investissent de plus en plus ce métier de la transformation.

40 L'exploitation des coquillages est aussi une activité exclusivement féminine. Devenue la principale source de revenus, elle fournit dans les îles du delta plus de 90 % des protéines animales consommées (DIOUF, 1996) et contribue à l'amélioration des conditions de vie des femmes. Contrairement à la pêche où la ressource est mobile, la cueillette de coquillages est une activité localisée qui se déroule dans les chenaux de la mangrove et dans les vasières découvertes à marée basse. La collecte est organisée par les femmes durant le « *mbissa* », c'est-à-dire la période du mois pendant laquelle les marées basses sont diurnes. Elle est comprise généralement entre 15 et 18 jours par mois (DESCAMPS, 1994) et est rythmée par un cycle de 7 jours d'activités suivis de 4 jours de repos (DIOUF et SARR, 2009). Elle se déroule pendant la saison sèche, de décembre à juin, période pendant laquelle il est plus facile de faire sécher les produits collectés. À l'inverse, la collecte des coquillages est insignifiante, voire inexistante, pendant l'hivernage durant lequel les activités agricoles mobilisent presque toute la famille.

41 Du fait de la diversité des écosystèmes et des paysages ainsi que d'un riche patrimoine culturel, le tourisme émerge dans le delta du Saloum désormais cinquième région touristique sénégalaise. Malgré la diversité des espaces protégés dans cette zone, les populations locales ont été exclues de la filière touristique pendant longtemps. Ce n'est que vers les années 1990 que les populations locales ont elles-mêmes pris conscience de l'intérêt économique du tourisme. Plusieurs types de tourisme sont aujourd'hui pratiqués dans le delta du Saloum : le tourisme de pêche, le tourisme cynégétique dans les zones amodiées du Niombato, et le tourisme de découverte. D'autres types de tourisme existent aussi, mais sont moins développés (tourisme rural intégré, balnéaire et culturel). Avec l'inscription en 2011 de la Réserve de biosphère du delta sur la liste du patrimoine mondial mixte de l'Unesco, le défi est aujourd'hui d'arriver à y pratiquer des activités qui encouragent la conservation de la nature. En ce sens, la politique définie par le Conseil régional de Fatick consiste à mettre en avant les avantages comparatifs de l'écotourisme à travers le développement des infrastructures touristiques et la valorisation des produits touristiques. Il s'agit de prendre le contre-pied du modèle des grandes infrastructures hôtelières implantées par des étrangers par un autre selon lequel les campements appartiendraient aux populations locales (FALL, 2006). En effet, le tourisme de la Réserve de biosphère du delta ne concède aujourd'hui que très peu d'emplois et de revenus aux populations riveraines (DEHEUNYNCK *et al.*, 2004) :

- la quasi-totalité des campements et moyens de transport appartient à des investisseurs extérieurs ;
- la plupart des guides ne sont pas originaires des terroirs ;
- les produits alimentaires et artisanaux locaux ne sont que trop peu valorisés ;
- les emplois réservés aux villageois sont souvent subalternes.

- 42 Toutefois, avec la création de l'AMP du Bamboung en 2004, certains acteurs du tourisme pensent que l'écotourisme est aujourd'hui une piste sérieuse à explorer et pourrait même peser fortement sur le devenir du delta.

Quelques enseignements : des enjeux informationnels présents de la fabrique à la diffusion

- 43 Même abordés rapidement, les trois exemples développés montrent une gamme assez étendue d'enjeux informationnels liés à la planification de l'espace maritime. D'abord, le cas de la région de Saint-Louis illustre le manque chronique d'information géographique de manière générale. Surtout, il insiste sur la nécessité de considérer les interactions entre usages et d'envisager les logiques spatiales des différents usages selon un emboîtement d'échelles (du local au régional, voire au mondial, en passant par les questions transfrontalières). Notamment, il y a un manque patent d'informations relatives aux impacts prévisibles de l'activité pétrolière et gazière offshore, susceptible de bouleverser en profondeur un territoire et des communautés littorales jusqu'à présent très fortement dépendantes de la pêche pour se nourrir ou pour travailler. Ensuite, l'exemple kayarois montre que, s'il faut pouvoir documenter finement les pratiques et zones de pêche des flottilles afin de pouvoir correctement prendre en compte leurs enjeux propres, les manières de documenter les pratiques (en l'occurrence de les cartographier) peuvent être diverses. Il témoigne aussi et peut-être surtout que les pêcheurs peuvent être eux-mêmes acteurs de la construction de l'information. D'ailleurs, en la matière, faire soi-même est sans doute la meilleure garantie d'une bonne appropriation de l'information par les acteurs de la pêche (TROUILLET *et al.*, 2019). Enfin, l'exemple du delta du Saloum éclaire l'importance de pouvoir restituer les dynamiques des activités humaines dans une temporalité plus longue tout comme les limites à une prise en compte des pêches uniquement en tant qu'activités économiques. En effet, les pêches sont parfois surtout des activités d'autosubsistance et, quelles que soient les formes de pêche, elles ont presque toujours des dimensions (identitaire, culturelle, etc.) qui débordent le cadre de l'économie marchande. En la matière, l'écheveau n'est alors pas simple à démêler et les informations doivent pouvoir restituer cette complexité. Il faut donc s'intéresser de plus près à la manière avec laquelle la « réalité » diverse et complexe des pêches est codée, traduite, retranscrite, en une information géographique qui peut être simplificatrice et réduite aux intérêts marchands.
- 44 Partant de ces quelques exemples, il est intéressant de prendre encore un peu plus de recul et ainsi de mettre en évidence le fait que les différents enjeux portent sur l'ensemble de la chaîne de l'information géographique, de sa fabrique à sa diffusion. S'agissant premièrement des enjeux de *fabrique de l'information géographique*, les quelques cas étudiés montrent bien que la logique de construction de l'information au gré des projets, par à-coups, présente bien évidemment des limites, en particulier lorsque les systèmes d'information étatiques sont défaillants. En effet, l'information n'existe que là où l'attention des bailleurs de projets a été portée, sans forcément qu'il y ait de stratégie globale de fabrique de cette information, conduisant ainsi à un inévitable gâchis (problèmes de standardisation, comparaisons difficiles, émiettement et perte d'information, etc.). Il faut donc être attentif à comment l'information est fabriquée, dans quel but et par qui. S'ouvre ici d'ailleurs tout le champ des « données

géographiques souveraines » à l'heure où des opérateurs privés puissants tels les Gafam sont devenus des producteurs de tout premier plan.

- 45 Deuxièmement, l'absence d'information a pour corollaire un mauvais usage de l'information géographique existante. En effet, faute souvent d'une information construite à des fins de planification spatiale marine, les autorités ont logiquement recours aux « meilleures informations disponibles » pour reprendre un principe retenu par les autorités européennes en matière de PSM¹⁶. Cette logique a toutefois son revers puisqu'une information utilisée à d'autres fins que celles pour lesquelles elle a été conçue engage sa « qualité externe » (DEVILLERS et JEANSOULIN, 2006). De ce point de vue, les pêches sont un excellent exemple d'un domaine pour lequel des informations sont construites (essentiellement des informations bioéconomiques permettant de caractériser l'effort de pêche et suivre la dynamique des pêcheries), et mobilisées faute de mieux pour illustrer les enjeux du secteur halieutique dans leur globalité dans le cadre de démarches de PSM. Évidemment, compte tenu du fait qu'elles ne portent que sur le volet bioéconomique des pêches, il ne serait pas sérieux d'imaginer que de telles informations puissent restituer correctement les enjeux de ce secteur dans leur globalité, *a fortiori* lorsqu'il s'agit des petites pêches artisanales ou d'autosubsistance. Pourtant, cet élément n'est que peu discuté dans la littérature et dans les processus de PSM passés ou en cours (SAID et TROUILLET, 2020). Par conséquent, il faut étudier de plus près comment l'information existante ou spécialement créée à des fins de PSM est utilisée. La question de l'usage de l'information géographique renvoie également à celle de son non-usage. En effet, il est sans doute possible que des informations existent, mais ne soient pas utilisées, par désintéret, pour servir d'autres intérêts ou simplement par méconnaissance. De ce point de vue, l'exemple des savoirs des pêcheurs dans l'AMP de Kayar en fournit une belle illustration puisque les informations sur les lieux de pêche existent au-delà des limites de l'AMP alors que seules celles concernant l'AMP sont utilisées.
- 46 Troisièmement, les enjeux se situent également sur le plan de la diffusion de l'information géographique. En effet, sur la base du triple constat de l'émiettement des données, du sous-financement du secteur de l'information géographique et des problèmes d'incohérence entre systèmes existants, le Plan national géomatique du Sénégal (décret n°2009-799) a permis la création de l'infrastructure de données géographiques du Sénégal dénommée « GéoSénégal¹⁷ ». Cependant, l'espace maritime et côtier demeure en marge des domaines d'applications prioritaires¹⁸ de ce plan ambitieux (GICC, 2012). En complément de ce plan soutenu par l'Agence canadienne de développement international, l'Agence des États-Unis pour le développement international (USAID) et l'Union européenne, existent de nombreuses autres initiatives également soutenues par des acteurs internationaux. C'est par exemple le cas du projet « West African Coastal Areas Management Program » (WACA)¹⁹, et de l'une de ses déclinaisons (WACA-F), portée par un établissement public français et ayant donné lieu à la mise en place d'un portail de données afin de rendre disponible des orthophotographies géoréférencées documentant le recul côtier à l'échelle régionale²⁰. Ainsi il faudra regarder de près quelles informations seront hébergées dans le ou les portails mobilisés pour la PSM, tant ce type d'infrastructure en général formate la représentation des enjeux (BOUCQUEY *et al.*, 2019) au point de devenir un mode de gouvernance en soi plus qu'un simple support de gouvernance (CAMPBELL *et al.*, 2020).

- 47 Quatrièmement, il y a de forts enjeux en matière d'*appropriation de l'information géographique* de manière transversale aux trois grandes phases de sa fabrique à sa diffusion. Il s'agit d'abord des questions d'appropriation de la fabrique de l'information géographique : par exemple comment les différents acteurs de la PSM peuvent-ils contribuer à la fabrique, voire comment peuvent-ils produire des données alternatives qui non seulement enrichissent la connaissance, mais aussi rendent plus explicites les rapports de pouvoir autour de l'information géographique dans le domaine de la planification spatiale ? Il s'agit ensuite des questions d'utilisation de l'information : par exemple comment est-il possible de réduire voire de supprimer l'effet « boîte noire » d'un certain nombre d'outils de traitement de l'information afin de mettre en débat les hypothèses qui sous-tendent les traitements ? Il s'agit enfin des questions d'appropriation des outils et modes de diffusion de l'information géographique : par exemple comment rendre visibles d'éventuelles informations alternatives susceptibles de concourir à des visions diversifiées voire en décalage avec les représentations et récits dominants ?
- 48 Évidemment, ces quelques enseignements et réflexions à propos des enjeux informationnels en matière de PSM résonnent différemment en fonction du type de planification (plus ou moins spatiale, stratégique, communicative, plus ou moins prescriptive, plus ou moins intégratrice terre/mer) et du porteur de la démarche (différents gradients d'association entre l'État et les grandes ONG ou institutions internationales). Quoi qu'il en soit, les enjeux informationnels de la PSM sont tels qu'ils invitent à redoubler l'attention, car l'information géographique peut être un important levier d'instrumentalisation de la PSM par les puissances dominantes, qu'elles soient politiques ou économiques, en particulier lors de son déploiement auprès de populations sans doute plus vulnérables à ce risque d'instrumentalisation comme les communautés littorales des pays en développement et émergents.

BIBLIOGRAPHIE

AGARDY T., NOTARBARTOLO DI SCIARA G., CHRISTIE P., 2011

Mind the gap: addressing the shortcomings of marine protected areas through large-scale marine spatial planning. *Marine Policy*, 35 (2) : 226-232. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2010.10.006>

AGAPITO M., CHUENPAGDEE R., DEVILLERS R., GEE J., JOHNSON A. F., PIERCE G. J., TROUILLET B., 2019

« Beyond the basics: improving information about small-scale fisheries ». In Chuenpagdee R., Jentoft S. (eds.) : *Transdisciplinarity for small-scale fisheries governance*. Mare Publication Series, 21, Cham, Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-94938-3_20

AKRICH M., 1989

La construction d'un système socio-technique : esquisse pour une anthropologie des techniques. *Anthropologie et sociétés*, 13 (2) : 31-54. <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00005842/document>

AVGEROU C., 2008

Information systems in developing countries: a critical research review. *Journal of Information Technology*, 23 : 133-146. <https://doi.org/10.1057/palgrave.jit.2000136>

BELHABIB D., KOUTOB V., SALL A., LAM V. W. Y., PAULY D., 2014

Fisheries catch misreporting and its implications: the case of Senegal. *Fisheries Research*, 151 : 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2013.12.006>

BONNIN M., LY I., QUEFFELEC B., NGAIDO M. (EDS.), 2016

Droit de l'environnement marin et côtier au Sénégal. Dakar, IRD/PRCM, 532 p. http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers17-02/010069145.pdf

BOUCQUEY N., ST. MARTIN K., FAIRBANKS L., CAMPBELL L. M., WISE S., 2019

Ocean data portals: performing a new infrastructure for ocean governance. *Environment and Planning D: Society and Space*, 37 (3) : 484-503. <https://doi.org/10.1177/0263775818822829>

BOWKER G. C., 2005

Memory practices in the sciences. Cambridge, MIT Press, 184 p.

CALDOW C., MONACO M. E., PITTMAN S. J., KENDALL M. S., GOEDEKE T. L., MENZA C., KINLAN B. P., COSTA B. M., 2015

Biogeographic assessments: a framework for information synthesis in marine spatial planning. *Marine Policy*, 51 : 423-432. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2014.07.023>

CALLON M., 1986

Éléments pour une sociologie de la traduction. La domestication des coquilles Saint-Jacques et des marins pêcheurs dans la baie de Saint-Brieuc. *L'Année sociologique*, 36 : 169-208. www.jstor.org/stable/27889913

CALLON M., 2006

« Sociologie de l'acteur réseau ». In Akrich M., Callon M., Latour B. (éd.) : *Sociologie de la traduction. Textes fondateurs*. Paris, Presses des Mines, 267-276. <https://doi.org/10.4000/books.pressesmines.1181>

CAMPBELL L. M., ST. MARTIN K., FAIRBANKS L., BOUCQUEY N., WISE S., 2020

The portal is the plan: governing US oceans in regional assemblages. *Maritime Studies*, 19 : 285-297. <https://doi.org/10.1007/s40152-020-00173-3>

CHABOUD C., KEBE M., 1989

La distribution en frais du poisson de mer au Sénégal. Commerce traditionnel et interventions publiques. *Cah. Sci. Hum.*, 25 (1-2) : 125-143. http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_4/sci_hum/30751.pdf

CHAMBERS R., 2006

Participatory mapping and geographic information systems: whose map? Who is empowered and who disempowered? Who gains and who loses? *The Electronic Journal of Information Systems in Developing Countries*, 25 : 1-11. <https://doi.org/10.1002/j.1681-4835.2006.tb00163.x>

CHARLES-DOMINIQUE E., MBAYE A., 2000

« Les usages de l'espace dans la pêche artisanale sénégalaise ». In Gascuel D., Chavance P., Bez N., Biseau A. (éd.) : *Les espaces de l'halieutique*. Paris, IRD, 371-385. http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers09-03/010024515.pdf

CHAUVEAU J-P., SAMBA A., 1990

Un développement sans développeurs ? Historique de la pêche artisanale et des politiques de développement de la pêche au Sénégal. *ISRA, Réflexions et perspectives*, 1 (2) : 4-20. <https://doi.org/10.1016/j.isra.1990.02.001>

www.oceandocs.org/bitstream/handle/1834/4587/historique_pecheartsen.pdf?sequence=1&isAllowed=y

CHUENPAGDEE R., LIGUORI L., PALOMARES M. D. L., PAULY D., 2006

Bottom-up global estimates of small-scale marine fisheries catches. Vancouver, The fishery center-University of British Columbia, *Fisheries center research reports*, 4 (8) : 105.

CORMIER-SALEM M.-C., 1997

« Sociétés et espaces littoraux ouest-africains : dynamiques, enjeux et conflits ». In Mainet G. (dir.) : *Îles et littoraux tropicaux. Actes des VII^e journées de Géographie tropicale du Comité national de géographie français, U.G.I. (Commission « Espaces tropicaux et leur développement »), 11-12-13 septembre*. Brest, Ouest Éditions/Presses académiques : 695-708. https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_7/b_fdi_53-54/010016697.pdf

CRAMPTON J. W., 2009

Cartography: performative, participatory, political. *Progress in Human Geography*, 33 (6) : 840-848. <https://doi.org/10.1177/0309132508105000>

CRAMPTON J. W., 2010

Mapping: a critical introduction to cartography and GIS. Critical introductions to geography serie, New Jersey, Wiley-Blackwell, 217 p.

CRODT, 1985

Conflit de Kayar, analyse du Centre de recherche océanographique de Dakar-Thiaroye. Document interne, 4 p.

CURY P., ROY C., 1987

Migration saisonnière du thiof (*Epinephelus aeneus*) au Sénégal : influence des upwellings sénégalais et mauritanien. *Oceanologica Acta*, 11 (1) : 25-36. http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_5/b_fdi_18-19/25086.pdf

D'AQUINO P., SECK S., CAMARA S., 2002

Un SIG conçu par les acteurs : l'opération pilote Poas au Sénégal. *L'Espace géographique*, 31 (1) : 23-36. <https://doi.org/10.3917/eg.311.0023>

DAVOUDI S., 2006

Evidence-based planning. *disP - The Planning Review*, 42 (165) : 14-24. <https://doi.org/10.1080/02513625.2006.10556951>

DEHEUNYNCK A., DA SILVA A. S., BIAI J., OULD MOHAMED-SALECK A., OULD MOHAMED SALEH M., DIÉMÉ S., 2004

L'écotourisme dans les aires côtières et marines protégées d'Afrique de l'Ouest : bilan et modalités d'une alternative de développement et de politique publique. Parc national du Banc d'Arguin, réserve de biosphère du Delta du Saloum, réserve de biosphère de l'archipel Bolama-Bijagos. Project Consdev, n° ICA 4-2001-10043, (INCO-DEV Programme, European Commission, Research Directorate General). Dakar/Bissau/Nouakchott, IRD/UICN/PNBA/DPN, octobre, CONSDEV Working Document/ WP6/01, 75 p.

DÈME M., 1991

« Les effets du soutien financier de l'État face à la pêche artisanale : le cas du Sénégal ». In Durand J.-R., Lemoalle J., Weber J. (éd.) : *La recherche scientifique face à la pêche artisanale*. Collection Colloques et Séminaires, Paris, Orstom, 845-849. http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_6/colloques2/36794.pdf

DÈME M., 2014

Consultation nationale (étude-analyse) sur les systèmes de cogestion au sein des AMPs du Sénégal. CCLME/FAO, 18 p. <http://www.fao.org/3/a-bo653f.pdf>

DÈME M., BAILLEUX R., NDIAYE K., 2012

Migrations des pêcheurs artisans sénégalais : état des lieux. Dakar, UICN/CSRP, 29 p.

DESCAMPS C., 1994

« La collecte des arches : une activité bimillénaire dans le Bas-Saloum (Sénégal) ». In Cormier Salem M.-C. (éd.) : *Dynamique et usages de la mangrove dans les pays des rivières du Sud (du Sénégal à la Sierra Leone)*. Paris, Orstom : 107-113.

DEVILLERS R., JEANSOULIN R. (eds.), 2006

Fundamentals of spatial data quality. Wiley-ISTE, Geographical Information Systems Series.

DIAGNE A. S., 2014

Plan de suivi, contrôle et surveillance (SCS) de la pêche de crevettes profondes. Dakar, ministère de la Pêche et des Affaires maritimes, projet « Aménagement durable des pêcheries du Sénégal », rapport final, 26 p.

DIOUF P. S., 1996

Les peuplements de poissons des milieux estuariens de l'Afrique de l'Ouest : l'exemple de l'estuaire hyperhalin du Sine-Saloum. Thèse de doctorat en biologie des populations et écologie, Montpellier, université de Montpellier II, 267 p. https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_7/TDM_7/010008130.pdf

DIOUF M., SARR A., 2009

Guide de suivi bioécologique des coquillages exploités dans les îles de Niodior, Dionewar, Falia et de Fadiouth. Les femmes exploitantes de coquillages au cœur des processus de recherche. Projet « Femmes et coquillages », Fiba/Enda Graf Sahel, IRD/IUPA, 16 p.

Dunn C. E., 2007

Participatory GIS – a people's GIS? *Progress in Human Geography*, 31 (5) : 616-637. <https://doi.org/10.1177/0309132507081493>

EHLER C., DOUVERE F., 2009

Marine spatial planning: a step-by-step approach toward ecosystem-based management. Intergovernmental Oceanographic Commission and Man and the Biosphere Programme. IOC Manual and Guides, 53, Icam Dossier n° 6. Paris, Unesco, 99 p.

FAO, 2008

Vue générale du secteur des pêches nationales. République du Sénégal. Rome, FAO, 27 p. http://www.fao.org/fishery/docs/DOCUMENT/fcp/fr/FI_CP_SN.pdf

FALL M., 2006

Dynamique des acteurs, conflits et modes de résolution pour une gestion durable des ressources naturelles dans la réserve de biosphère du delta du Saloum. Thèse de doctorat en géographie, Montréal, université de Montréal, 246 p.

FLANNERY W., ELLIS G., 2016

Exploring the winners and losers of marine environmental governance. *Planning Theory and Practice*, 17 (1) : 121-122. <https://doi.org/10.1080/14649357.2015.1131482>

FLANNERY W., HEALY N., LUNA M., 2018

Exclusion and non-participation in marine spatial planning. *Marine Policy*, 88 : 32-40. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2017.11.001>

FRAZÃO SANTOS C., AGARDY T., ANDRADE F. CALADO H., CROWDER L. B., EHLE C. N., GARCÍA-MORALES S., GISSI E., HALPERN B. S., ORBACH M. K., PÖRTNER H.-O., ROSA R., 2020

Integrating climate change in ocean planning. *Nature Sustainability*, 3 : 505-516. <https://doi.org/10.1038/s41893-020-0513-x>

GARCIA S. M., ALLISON E. H., ANDREW N. J., BÉNÉ, C., BIANCHI G., DE GRAAF G. J., KALIKOSKI D., MAHON R., ORENSANZ J. M., 2010

Vers une intégration de l'évaluation et de l'élaboration des avis dans la pêche artisanale : principes et processus. Document technique sur les pêches et l'aquaculture, 515, Rome, FAO, 98 p.

GICC, 2012

Synthèse et validation finale du Plan national de géomatique. Dakar, Groupe interinstitutionnel de concertation et de coordination en géomatique, 7 p.

GITELMAN L., JACKSON V., 2013

« Introduction ». In Gitelman L. (éd.) : *“Raw Data” is an oxymoron*. Cambridge, The MIT Press : 1-14.

ILIADIS A., RUSSO F., 2016

Critical data studies: an introduction. *Big Data & Society*. <https://doi.org/10.1177/2053951716674238>

JAY S., 2010a

Planners to the rescue: spatial planning facilitating the development of offshore wind energy. *Marine Pollution Bulletin*, 60 (4) : 493-499. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2009.11.010>

JAY S., 2010b

Built at sea: marine management and the construction of marine spatial planning. *Town Planning Review*, 81 (2) : 173-191. <https://doi.org/10.3828/tpr.2009.33>

JENTOFT S., 2006

Beyond fisheries management: the phronetic dimension. *Marine Policy*, 30 (6) : 671-680. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2005.10.001>

JENTOFT S., 2017

Small-scale fisheries within maritime spatial planning: knowledge integration and power. *Journal of Environmental Policy & Planning*, 19 (3) : 266-278. <https://doi.org/10.1080/1523908X.2017.1304210>

JOLIVEAU T., NOUCHER M., ROCHE S., 2013

La cartographie 2.0, vers une approche critique d'un nouveau régime cartographique. *L'information géographique*, 77 (4) : 29-46. <https://doi.org/10.3917/lig.774.0029>

JONES P. J. S., LIEBERKNECHT L. M., QIU W., 2016

Marine spatial planning in reality: introduction to case studies and discussion of findings. *Marine Policy*, 71 : 256-264. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2016.04.026>

KÉBÉ M., 2008

Le secteur des pêches au Sénégal : tendances, enjeux et orientations politiques. Programme Kurukan Fugan (Union européenne/gouvernement du Sénégal/Enda Graf/Gret). https://www.oceandocs.org/bitstream/handle/1834/4586/Rapport_peche_FKF_VF.pdf?sequence=1&isAllowed=y

KIDD S., ELLIS G., 2012

From the land to sea and back again? Using terrestrial planning to understand the process of marine spatial planning. *Journal of Environmental Policy & Planning*, 14 (1) : 49-66. <https://doi.org/10.1080/1523908X.2012.662382>

KIRKMAN S. P., HOLNESS S., HARRIS L. R., SINKK J., LOMBARD A. T., KAINGE P., MAJIEDT P., NSIANGANGO S. E., NSINGI K. K., SAMAAI T., 2019

Using systematic conservation planning to support marine spatial planning and achieve marine protection targets in the transboundary Benguela ecosystem. *Ocean & Coastal Management*, 168 : 117-129. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2018.10.038>

KITCHIN R., LAURIAULT T., 2018

« Towards critical data studies: charting and unpacking data assemblages and their work ». In Thatcher J., Eckert J., Shears A. (eds.) : *Thinking big data in geography. new regimes, new research*. Lincoln, University of Nebraska Press, 324 p.

LATOUB B., 2005

Reassembling the social. An introduction to actor-network-theory. Oxford, Oxford University Press, 320 p.

LE ROUX S., NOËL J., 2007

Mondialisation et conflits autour des ressources halieutiques. *Écologie & Politique*, 1 (34) : 69-82. <https://www.cairn.info/revue-ecologie-et-politique1-2007-1-page-69.htm#re16no16>

LUKES S., 2015

Power: a radical view. Second Edition, London, Macmillan, 204 p.

MBAYE A., THIAM N., FALL M., 2018

Les zones de pêche protégées au Sénégal : entre terroir du pêcheur et parcours du poisson. Quelle(s) échelle(s) de gestion ? *Développement durable et territoires*, 9 (1). <https://doi.org/10.4000/developpementdurable.11999>

MILLS D. J., WESTLUND L., DE GRAAF G., KURA Y., WILLMAN R., KELLEHER K., 2011

« Under-reported and undervalued: small-scale fisheries in the developing world ». In Pomeroy R. S., Andrew N. (eds.) : *Small-scale fisheries management: frameworks and approaches for the developing world*. Wallingford, CAB International : 1-15. <http://dx.doi.org/10.1079/9781845936075.0001>

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, 2013

Stratégie nationale pour les aires marines protégées du Sénégal. Dakar, Direction des aires marines communautaires protégées, 55 p. http://www.environnement.gouv.sn/sites/default/files/documenttheque/doc%20strategie%20amp_2013_%20%284%29.pdf

MINISTÈRE DE LA PÊCHE ET DE L'ÉCONOMIE MARITIME, 2016

Résultats généraux des pêches maritimes. 2015. Direction des Pêches maritimes, 131 p. <http://www.statsenegal.sn/tic/func-startdown/52/>

MINISTÈRE DE LA PÊCHE ET DE L'ÉCONOMIE MARITIME, 2018

Plan de gestion participatif de la pêche de l'ethmalose dans la zone du Sine-Saloum. Dakar, Direction des Pêches maritimes, avec l'appui du projet Usaid/Comfish Plus, 58 p.

NOUCHER M., HIRT I., ARNAULD DE SARTRE X., 2019

Mises en chiffres, mises en cartes, mises en ordre du monde. EspacesTemps.net, Traverses. <https://doi.org/10.26151/espacestemp.net-ny99-7659>

OLSEN E., HOLEN S., HÅKON HOEL A., BUHL-MORTENSEN L., RØTTINGEN I., 2016

How integrated ocean governance in the Barents Sea was created by a drive for increased oil production. *Marine Policy*, 71 : 293-300. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2015.12.005>

PAULY D., 2006

Major trends in small-scale marine fisheries, with emphasis on developing countries, and some

implications for the social sciences. *Maritime Studies*, 4 (2) : 7-22. http://www.marecentre.nl/mast/documents/Pauly_Mast2006vol_4no_2_new.pdf

PICKLES J. (éd.), 1995

Ground truth. The social implications of geographic information systems. New York, Guilford Press, 248 p.

PINARBAŞI K., GALPARSORO I., BORJA Á., STELZENMÜLLER V., EHLER C. N., GIMPEL A., 2017

Decision support tools in marine spatial planning: present applications, gaps and future perspectives. *Marine Policy*, 83 : 83-91. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2017.05.031>

POMEROY R. S., BALDWIN K., MCCONNEY P., 2014

Marine spatial planning in Asia and the Caribbean: application and implications for fisheries and marine resource management. *Desenvolvimento E Meio Ambiente*, 32 : 151-164. <https://doi.org/10.5380/dma.v32i0.35627>

RÉPUBLIQUE DU SÉNÉGAL, 2014

Plan Sénégal émergent. 167 p. https://www.sec.gouv.sn/sites/default/files/Plan%20Senegal%20Emergent_0.pdf

SAID A., TROUILLET B., 2020

Bringing “deep knowledge” of fisheries into marine spatial planning. *Maritime Studies*, 19 : 347-357. <https://doi.org/10.1007/s40152-020-00178-y>

SECK A., 2014

Les pêcheurs migrants de Guet-Ndar (Saint-Louis du Sénégal). Analyse d'une territorialité diverse entre espaces de conflits et espaces de gestion. Thèse de doctorat en géographie et sciences et gestion de l'environnement, Liège/Dakar, université de Liège/université Cheikh Anta Diop, 356 p.

SIFFERT I., 2017

Acteurs et réglementation de l'espace halieutique : du conflit à l'intégration des communautés de pêcheurs sur l'aire marine protégée de Cayar au Sénégal. *Géoconfluences*. <http://geoconfluences.ens-lyon.fr/informations-scientifiques/dossiers-regionaux/afrique-dynamiques-regionales/corpus-documentaire/aire-marine-cayar-senegal>

ST. MARTIN K., HALL-ARBER M., 2008

The missing layer: geo-technologies, communities, and implications for marine spatial planning. *Marine Policy*, 32 : 779-786. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2008.03.015>

STAMOULIS K. A., DELEVAUX J. M. S., 2015

Data requirements and tools to operationalize marine spatial planning in the United States. *Ocean & Coastal Management*, 116 : 214-223. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2015.07.011>

STEINBERG P., PETERS K., 2015

Wet ontologies, fluid spaces: giving depth to volume through oceanic thinking. *Environment and Planning D: Society and Space*, 33 (2) : 247-264. <https://doi.org/10.1068/d14148p>

STELZENMÜLLER V., LEE J., SOUTH A., FODEN J., ROGERS S. I., 2013

Practical tools to support marine spatial planning: a review and some prototype tools. *Marine Policy*, 38 : 214-227. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2012.05.038>

TAFON R., 2019

The “dark side” of marine spatial planning: a study of domination, empowerment and freedom through theories of discourse and power. Thèse de doctorat, Huddinge, Södertörn University, 180 p. <http://sh.diva-portal.org/smash/get/diva2:1306941/FULLTEXT01.pdf>

TOLVANEN H., ERKKILÄ-VÄLIMÄKI A., NYLÉN T., 2019

From silent knowledge to spatial information. Mapping blue growth scenarios for maritime spatial planning. *Marine Policy*, 107 : 103598. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2019.103598>

TROUILLET B., 2018

Les pêches dans la planification spatiale marine au crible des géotechnologies : perspectives critiques sur le « spatial » et « l'environnement ». Mémoire d'HDR en géographie, Nantes, université de Nantes, 122 p. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01961744/document>

TROUILLET B., 2019

Aligning with dominant interests: the role played by geo-technologies in the place given to fisheries in marine spatial planning. *Geoforum*, 107 : 54-65. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2019.10.012>

TROUILLET B., 2020

Reinventing marine spatial planning: a critical review of initiatives worldwide. *Journal of Environmental Policy & Planning*, 22 (4) : 441-459. <https://doi.org/10.1080/1523908X.2020.1751605>

TROUILLET B., BELLANGER-HUSI L., EL GHAZIRI A., LAMBERTS C., PLISSONNEAU E., ROLLO N., 2019

More than maps: providing an alternative for fisheries and fishers in marine spatial planning. *Ocean & Coastal Management*, 173 : 90-103. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2019.02.016>

WALSHAM G., SAHAY S., 2006

Research on information systems in developing countries: current landscape and future prospects. *Information Technology for Development*, 12 (1) : 7-24. <https://doi.org/10.1002/itdj.20020>

WORLD BANK, 2008

Small-scale capture fisheries: a global overview with emphasis on developing countries. Profish series. Washington, World Bank. <http://documents.worldbank.org/curated/en/878431468326711572/Small-scale-capture-fisheries-a-global-overview-with-emphasis-on-developing-countries>

WORLD BANK, 2012

Hidden harvest: the global contribution of capture fisheries. Washington, World Bank. <http://documents.worldbank.org/curated/en/515701468152718292/Hidden-harvest-the-global-contribution-of-capture-fisheries>

YOUNG I., 1990

Justice and the politics of difference. Princeton, Princeton University Press, 304 p.

ZAUCHA J., GEE K. (EDS.), 2019

Maritime spatial planning. Past, present and future. Cham, Palgrave Macmillan, 477 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-98696-8>

NOTES

1. Dans le recensement de l'Organisation des Nations unies pour l'éducation, la science et la culture (Unesco), le parc national du Banc d'Arguin (PNBA) apparaît curieusement depuis peu comme une initiative de PSM alors que le PNBA existe depuis 1976.
2. Projet Mami Wata : <http://mamiwataproject.org/?lang=fr> (consulté en mai 2020).
3. <http://senegal-emergent.com/fr/> (consulté en mai 2020).
4. Saint-Louis, Dakar, Petite côte, Fatick, Casamance (Kafountine et Ziguinchor) sur le littoral, et Tambacounda à l'intérieur des terres : <http://senegal-emergent.com/fr/zones-touristiques-integrees-zti> (consulté en mai 2020).

5. Entre la fin du précédent accord et le nouveau signé en juillet 2018, c'est-à-dire pendant 2,5 ans, l'absence d'accord de pêche entre le Sénégal et la Mauritanie a été hautement préjudiciable aux pêcheurs sénégalais, notamment saint-louisiens. En effet, entre 1950 et 2010, 48 % des débarquements au Sénégal des pêcheurs migrants sénégalais provenaient des eaux mauritaniennes (BELHABIB *et al.*, 2014).
 6. La République du Cap-Vert a changé son nom officiel dans toutes les langues en République du Cabo Verde le 24 octobre 2013 dans une demande soumise au Secrétaire général par le représentant permanent du pays auprès des Nations unies. Conformément à cette demande, il ne sera fait mention dans cette publication qu'au Cabo Verde. Afin de respecter les titres des œuvres préalablement parues, les références ou sources imprimées mentionnant dans leur titre « Cap-Vert » (en français) ou « Cape Verde » (en anglais) n'ont pas été modifiées.
 7. « Le processus public d'analyse et d'allocation spatiale et temporelle des activités humaines dans les zones marines afin d'atteindre des objectifs écologiques, économiques et sociaux, généralement issus d'arbitrages politiques » (traduction des auteurs).
 8. « Les données qui alimentent les portails de données ont un impact très important sur les types de décisions possibles et sur la façon même dont l'environnement et les communautés sont formatés » (traduction des auteurs).
 9. www.spcsrp.org (consulté en mai 2020).
 10. www.spcsrp.org (consulté en mai 2020).
 11. <https://www.jeuneafrique.com/742328/economie/senegal-mauritanie-eiffage-et-saipem-construiront-le-terminal-gazier-de-grand-tortue-ahmeyim/> (consulté en mai 2020).
 12. Kosmos Energy Ltd cédera par la suite la majorité de ses parts à la compagnie britannique British Petroleum qui devient actionnaire auprès des deux pays.
 13. www.international.gc.ca (Consulté en mars 2020)
 14. Les Capas, ainsi que les Camp, financés par la coopération canadienne, font partie des « premiers projets de développement » de la pêche artisanale au Sénégal des années 1980.
 15. Les « cartes à dire de pêcheurs » basées sur la toponymie des zones de pêche pourraient comporter des « métadonnées » liées : (1) à la détermination de ces zones (qui ? Pourquoi ?), (2) aux espèces présentes en fonction des saisons, (3) aux flottilles et aux stratégies de pêche.
 16. Directive 2014/89/EU Art. 10.
 17. <http://www.geosenegal.gouv.sn/> (consulté en mai 2020).
 18. Ces domaines d'applications prioritaires sont : « le cadastre et le secteur foncier en général, l'aménagement du territoire en soutien aux collectivités locales, l'agriculture, la gestion de l'eau, les transports, le soutien à la démocratie, la gestion des ressources naturelles [et] la protection civile » (GICC, 2012, p. 34).
 19. <https://www.wacaprogram.org/> (consulté en mai 2020).
 20. <https://cerema.maps.arcgis.com/apps/MapJournal/index.html?appid=ff30db5d09dd42ec8f4b8145fd346a3c> (consulté en mai 2020).
-

AUTEURS

BRICE TROUILLET

Géographe, LETG, université de Nantes, France.

NDICKOU GAYE

Géographe, Ucad, Sénégal.

AÏCHETOU SECK

Géographe, Ucad, Sénégal.

MICHEL DESSE

Géographe, UMR « Littoral - Environnement - Télédétection - Géomatique » (LETG), Nantes Université, France.

AWA NIANG

Géographe, Ucad, Sénégal.

ALEXIS FOSSI

Expert en halieutique, Pesc'art, France.

THIERRY GUINEBERTEAU

Géographe, LETG, université de Nantes, France.

ALIOUNE KANE

Géographe, Ucad, Sénégal.

LAURENT POURINET

Géographe, LETG, CNRS, université de Nantes, France.

Chapitre 11. L'atlantisme dans l'Atlantique Sud

Communauté d'intérêts et gouvernance des océans

Juan Luis Suárez de Vivero, Etienne Villela Marroni, Juan Carlos Rodríguez Mateos, Eurico de Lima Figueiredo et Alexandre Rocha Violante

Introduction

- 1 L'évolution géopolitique des dernières décennies (après la chute du mur de Berlin en 1989) a initié un processus de réorientation du centre de gravité géopolitique vers le sud et l'est, en même temps que de nouveaux pays menaient un type de croissance propre à la mondialisation. Le Brésil a joué un rôle important dans ce processus, ainsi que l'Afrique du Sud à la limite orientale du bassin de l'Atlantique Sud. Dans le même temps, le Brésil a projeté ses droits juridictionnels sur une vaste zone maritime dotée de ressources naturelles à fort potentiel. Des deux côtés du bassin, des attentes de développement économique lié aux activités maritimes ont vu le jour. Le Brésil, l'Afrique du Sud et, en général, le golfe de Guinée ont commencé à être configurés comme des pôles économiques et politiques dans un bassin bordant un nouvel océan (l'Antarctique) et un nouveau continent (l'Antarctique) en cours d'appropriation.
- 2 Sur le plan géopolitique, l'Atlantique tropical présente une dissymétrie politico-territoriale marquée entre la côte américaine et la côte africaine. La première est caractérisée par la domination territoriale d'un seul pays, le Brésil, du fait de son extension continentale et maritime. L'Atlantique oriental, en revanche, est une grande mosaïque de pays à faible extension continentale, à l'exception de l'Angola et de la Namibie. L'insularité est une autre des caractéristiques géopolitiques de cette région, mettant en évidence trois aspects : (1) un bloc de micro-États au nord-ouest (îles des Caraïbes) ; (2) les îles océaniques qui projettent la souveraineté brésilienne au centre du bassin tropical ; (3) la présence de vestiges coloniaux, qui génèrent de grandes zones juridictionnelles d'un pays non côtier dans la ceinture tropicale.

- 3 L'économie maritime dispose d'un potentiel énorme, avec de larges marges de développement, notamment dans le domaine des ressources énergétiques (Brésil et golfe de Guinée), des ressources biologiques – traditionnellement exploitées par des puissances de pêche exogènes – et du développement des infrastructures portuaires – actuellement peu pertinentes, mais qui sont appelées à se développer, notamment sur la rive orientale, en lien avec le fort potentiel de développement du Golfe de Guinée.
- 4 À l'heure actuelle, la gouvernance des océans est conditionnée et limitée par le manque de développement institutionnel des États côtiers, notamment dans le bassin oriental, qui est encore dominé par la forte présence d'États fragiles, et dans le bassin occidental, par le nombre élevé de micro-États insulaires dont la capacité de gestion des océans est limitée. Dans ce contexte, il est nécessaire de souligner la capacité de leadership du Brésil, le plus grand État maritime de la région et celui qui dispose de la plus grande capacité technique et institutionnelle pour développer la gouvernance des océans. Les attentes et les inconnues étant nombreuses et diverses, l'objectif de ce chapitre est d'analyser dans quelle mesure la gouvernance de cette partie du bassin atlantique conduit à la construction d'une communauté transatlantique dans l'hémisphère Sud, en partant de la compréhension des structures institutionnelles aux liens politiques-culturels (et économiques) transatlantiques fragiles. Bien qu'un solide réseau d'intérêts communs n'ait pas été construit dans l'Atlantique Sud – contrairement au bassin Nord –, l'expansion juridictionnelle exige que les États côtiers adoptent des politiques maritimes proportionnelles à l'étendue de la responsabilité territoriale acquise. Cette étude se concentre sur la zone tropicale et, par conséquent, sur l'espace maritime qui s'étend sur les deux Tropiques, en prenant la partie occidentale du Brésil et la partie orientale du Golfe de Guinée comme référence politique. Comme dans le cas de l'Atlantique Nord, la marge occidentale est occupée par des États ayant une grande extension territoriale par rapport à la marge orientale, qui est essentiellement composée d'États ayant de petites marges, puisque cet espace contient également la plus grande concentration d'États enclavés dans le monde.
- 5 Ce chapitre est structuré en deux sections principales : la première consacrée à la description et à l'analyse des scénarios géomorphologiques qui composent l'Atlantique tropical et la seconde aux politiques maritimes existantes dans chacune des marges du bassin. Dans les deux cas, il est possible de tirer des conclusions tant sur l'importance du développement maritime que sur le degré de cohésion qui peut être généré dans cette partie du bassin atlantique pour la gouvernance maritime.

L'Atlantique Sud comme scène géo-maritime

- 6 Au cours des 25 dernières années, le Brésil, les pays du sous-continent, les pays africains lusophones (PALOP) (Angola, Cabo Verde¹, Sao Tomé-et-Principe, Guinée-Bissau, Mozambique et la Guinée équatoriale – qui a récemment adopté la langue) se sont rapprochés en coopérant dans le cadre de relations horizontales, qui visent à réduire les asymétries dans leurs zones d'intérêt stratégique, comme l'Atlantique Sud. Ces relations sont encore plus étroites dans le domaine maritime, en raison de l'entrée en vigueur, le 16 novembre 1994, de la Convention des Nations unies sur le droit de la mer (CNUDM), qui permet aux États côtiers d'acquérir des droits d'utilisation et de protection des ressources vivantes et non vivantes dans leurs zones économiques exclusives (ZEE) et leurs plateaux continentaux étendus (PCE).

- 7 Une grande partie des PALOP est située à proximité du Golfe de Guinée, une zone caractérisée par l'existence de bassins pétroliers et d'autres ressources naturelles et minérales. Dans le même temps, la piraterie et d'autres activités illicites transnationales, communément appelées « nouvelles menaces », se rencontrent tout le long de la côte ouest-africaine. Ces facteurs les rendent sensibles à la sécurisation par des États dotés d'un plus grand pouvoir systémique (MARRONI, CASTRO et VIOLANTE, 2018). Le Brésil est inclus dans cette équation géopolitique, car la côte ouest-africaine fait partie de la frontière maritime orientale du Brésil et concerne également près de 95 % du commerce extérieur du Brésil réalisé par voie maritime (BRASIL, 2020).
- 8 En Afrique subsaharienne, le Brésil se concentre sur un rapprochement économique et militaire avec l'Afrique du Sud, le Nigéria et la Namibie, ainsi qu'avec les pays PALOP, par le biais de la Communauté des pays de langue portugaise (CPLP). En outre, le Brésil met l'accent sur ses relations bilatérales avec l'Afrique du Sud au sein de la Communauté de développement de l'Afrique australe et du Forum IBAS (Inde-Brazil-Afrique du Sud) créé en 2004.
- 9 La présence du Brésil au sein de la CPLP peut être considérée sous deux angles : (1) l'extension des intérêts brésiliens à l'étranger, tout en cherchant à maximiser toutes les ressources possibles, y compris pour occuper des espaces plus grands que les autres États dans les nations de cette communauté ; (2) la politique étrangère brésilienne agit en conjonction avec la CPLP pour répondre à des intérêts mondiaux qu'il serait impossible d'atteindre individuellement (MIYAMOTO, 2009).

Les relations dans l'Atlantique Sud

- 10 L'intérêt actuel pour les ressources et les potentialités de l'océan Atlantique Sud n'est pas un fait isolé, et encore moins une nouveauté mondiale. Au contraire, cet intérêt s'inscrit dans un système unique d'expansionnisme des grandes puissances, qui globalise les actions dans le contexte géopolitique, économique et environnemental. Historiquement, l'océan Atlantique, aujourd'hui politiquement divisé en Nord et Sud pour justifier le partage des ressources naturelles, des routes maritimes et de la puissance navale, a eu un impact significatif sur le système international. Le déplacement du centre géostratégique vers de nouveaux domaines océaniques dans le Sud a entraîné l'expansion de la juridiction des plateformes continentales et d'une économie basée sur la mer, avec de nouveaux investissements dans la formation du personnel et la technologie navale (MARRONI, 2013).
- 11 À cet égard, le Brésil, l'Angola, le Cabo Verde, Sao Tomé-et-Principe et la Guinée-Bissau – États de la Communauté des pays lusophones (CPLP) – ainsi que le Nigéria, la Namibie et l'Afrique du Sud, ont récemment acquis un pouvoir relatif potentiel plus important dans le système international avec l'entrée en vigueur de la CNUDM en 1994. Ainsi, le Brésil et les États côtiers d'Afrique de l'Ouest ont démontré qu'ils possédaient des positions stratégiques privilégiées, en étant capables de contrôler de grandes extensions maritimes, pleines de ressources vivantes et non vivantes.
- 12 La forte augmentation de la souveraineté de ces États les a rendus plus sensibles à de nouvelles menaces, notamment la piraterie, le trafic de drogue, la traite des êtres humains et d'autres délits internationaux, en plus des menaces constantes des puissances extrarégionales. Ainsi, il est proposé que les pays de l'Atlantique Sud incorporent des préceptes corrélés à leurs politiques intérieures (souveraineté interne)

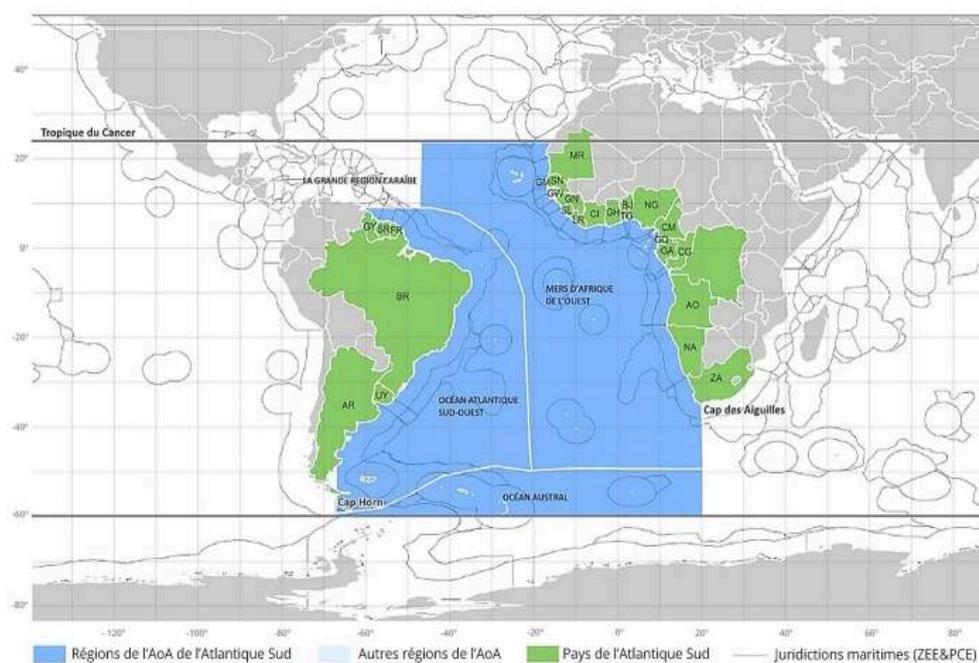
et à leurs politiques extérieures (souveraineté externe), afin que les États nationaux de cette région incorporent leurs identités et leurs limites, sauvegardées dans les concepts de défense et de sécurité, dans la perspective d'un nouveau contexte géopolitique en cours. La zone de paix et de coopération de l'Atlantique Sud (Zopacas) est un bon exemple de la manière dont l'Atlantique Sud a acquis une projection dans la géopolitique mondiale par la formation de traités et l'intégration politique entre l'Afrique et l'Amérique du Sud. Cette zone de paix et de coopération, créée en 1986, a établi des relations fructueuses avec l'Argentine (VIOLANTE, 2017).

- 13 Dans les années 1990, les négociations sur un pacte de sécurité collective sur le modèle de l'Organisation du traité de l'Atlantique Nord (Otan) ont refait surface sur le sous-continent, sous le nom d'Organisation du traité de l'Atlantique Sud (Otas), initialement proposée en 1976 par les États-Unis, l'Argentine et l'Afrique du Sud. Tant dans les années 1970 que 1990, les gouvernements brésiliens ont perçu que toute influence extérieure ou tout approfondissement des alliances militaires au niveau régional ne contribuerait pas aux objectifs stratégiques nationaux.
- 14 En lien avec la réalité du développement des pays émergents, selon HILL *et al.* (2011), la coopération multilatérale sous ses différentes formes est à l'ordre du jour des grands blocs économiques à la recherche d'une nouvelle gouvernance mondiale – qui inclurait une politique océanique. Cependant, d'un point de vue conceptuel, la stratégie des blocs ou des pays illustre la même tension entre les efforts visant à renforcer un multilatéralisme efficace, d'une part, et les efforts visant à établir des partenariats bilatéraux privilégiés avec diverses grandes puissances, d'autre part. Ainsi, les États-Unis et la Russie, ainsi que le Japon, la Chine, le Canada et l'Inde, sont des partenaires stratégiques réels ou potentiels dans un monde globalisé.
- 15 On estime également que les Brics (Brésil, Russie, Inde, Chine et Afrique du Sud) et d'autres puissances émergentes du G20 sont en passe d'atteindre un degré considérable de stabilité et de prospérité mondiale au cours des prochaines décennies. En effet, ils traversent une transition historique progressive, dans laquelle le lieu de l'économie mondiale se déplace, et l'évolution de l'ordre mondial reflète une diffusion du pouvoir avec l'émergence de nouvelles grandes puissances. L'émergence du G20, en remplacement du G8, est une étape politique importante dans l'évolution de la hiérarchie des intérêts mondiaux, qui commence à rééquilibrer un ordre mondial via le Centre-Ouest, notamment avec l'émergence de pays comme le Brésil, la Russie, l'Inde et la Chine, plus le poids significatif des puissances émergentes moyennes (par exemple, l'Australie, la Corée du Sud, l'Indonésie, la Turquie et l'Afrique du Sud).
- 16 Le Brésil est en train de devenir un acteur stratégique visible dans le secteur énergétique mondial. Il est donc probable que les pays consommateurs d'énergie non renouvelable déplacent leurs intérêts vers les ressources de l'Atlantique Sud. Cet intérêt entraînerait un déplacement de l'axe géographique : du Moyen-Orient riche en pétrole, troublé par divers conflits ethniques et politiques, vers le continent sud-américain. Par conséquent, cela semble configurer une « fuite vers le Sud » des grands pays industrialisés de l'hémisphère Nord et ce « changement de route » établira peut-être une « nouvelle atlantisation » (MARRONI, 2014).

Espace maritime : juridictions

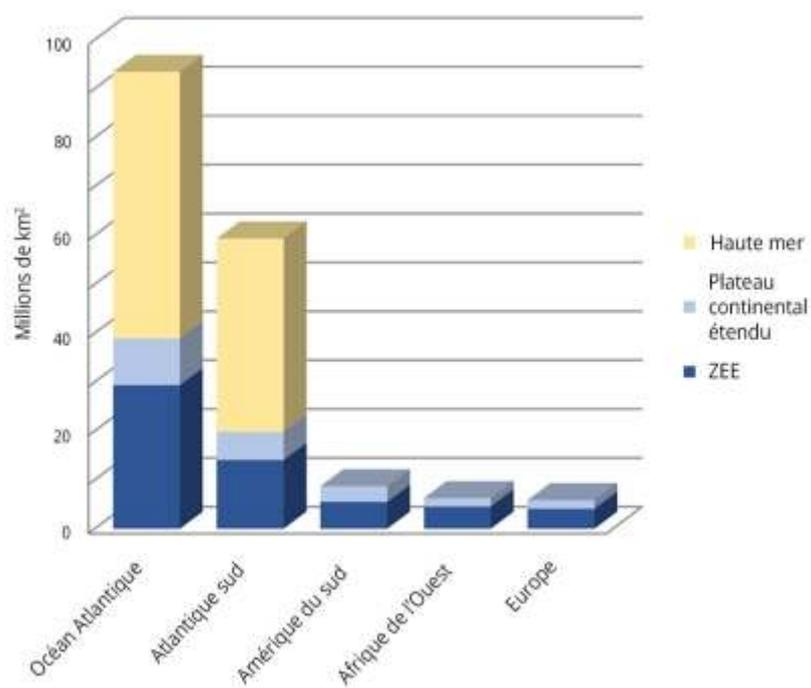
- 17 Cette section analyse la structure juridictionnelle de l'espace maritime de l'Atlantique Sud afin de contribuer à la connaissance de son organisation politico-géographique. La répartition des espaces sous juridiction nationale et au-delà, ainsi que l'identification des zones en fonction des États côtiers et des blocs politiques de la région, permettent de caractériser ce scénario maritime et la configuration de la région en tant que sphère politique, ainsi que son impact sur la gouvernance du bassin.
- 18 La délimitation géographique des régions maritimes, bien qu'elle puisse être basée sur des éléments purement objectifs (latitude), est généralement définie de manière fonctionnelle par des facteurs de nature politique. Par exemple, l'Atlantique Nord (y compris ce que l'on appelle « l'Atlantide ») est étroitement lié à une alliance politique, dans laquelle 16 de ses 29 membres ne se trouvent pas sur les rives de cet océan et quatre d'entre eux sont des États enclavés.
- 19 Aux fins de cette étude, l'Atlantique Sud est défini comme la zone maritime située au sud du Tropique du Cancer, constituée de l'Atlantique Sud-Ouest et des mers d'Afrique de l'Ouest, c'est-à-dire excluant l'océan Antarctique et la Grande Caraïbe (fig. 1). Ce contexte définit un bassin flanqué de blocs ou d'alliances, comme le Mercosur (côte ouest) et l'Union africaine (côte est)². Un total de 29 pays, avec une population approximative de 1,1 milliard d'habitants (844 millions en Afrique et 258 millions en Amérique), se répartissent inégalement entre les deux côtes : 24 États (côte africaine) contre 5 (côte américaine). Cette asymétrie se reflète également dans la répartition des eaux sous juridiction nationale (tabl. 1) : 7,8 millions de km² (côte américaine) contre 6,1 millions de km² (côte africaine). En termes de juridictions, le poids relatif de l'Atlantique Sud par rapport à l'ensemble du bassin représente 26 % de la ZEE, 12 % du plateau continental au-delà de 200 milles et 74 % de la haute mer (tabl. 2), ce qui implique une plus grande présence des zones hors juridiction nationale, c'est-à-dire les biens communs de l'hémisphère Sud (fig. 2).

Figure 1. Régions de l'Atlantique Sud



Source : Division for Ocean Affairs and the Law of the Sea of The United Nations (Doalos), 2022

Figure 2. Juridictions et régions marines



Source : Doalos, 2022

Tableau 1. Population, États et juridictions maritimes

Pays/Territoires	ZEE	PCE	Total	Population (Milliers)
Union européenne (UE)	133 924	81 224	215 148	283
Guyane française	133 924	81 224	215 148	283
Europe (non UE)	3 911 061	1 692 524	5 503 585	8
Royaume-Uni (territoires ultramarins)	3 469 894	1 596 928	5 066 822	8
Norvège (Île Bouvet)	441 167	95 596	536 763	
Amérique du Sud	5 465 511	3 194 700	7 805 585	258 357
Guyana	135 996	57 531	193 527	778
Suriname	128 349	82 834	211 183	563
Brésil	3 645 625	1 818 419	4 609 417	209 288
Argentine	1 423 176	1 145 796	2 568 971	44 271
Uruguay	132 365	90 120	222 485	3 457
Afrique-Maghreb	155 195		155 195	4 420
Mauritanie	155 195		155 195	4 420
Afrique centrale	2 944 793	158 687	3 028 304	420 692
Cabo Verde	796 454		796 454	546
Guinée équatoriale	308 219		308 219	1 268
Libéria	246 079	75 176	246 079	4732
Ghana	224 697	16 707	241 404	28 834
Gabon	193 120	38 537	231 658	2025
Côte d'Ivoire	174 232	20 267	194 499	24 295
Nigéria	181 600	8 001	189 600	190 886

Sierra Leone	159 264		159 264	7557
Sénégal	157 477		157 477	15 851
Sao Tomé-et-Principe	130 658		130 658	204
Guinée	108 967		108 967	12 717
Guinée-Bissau	105 728		105 728	1 861
République du Congo	40 466		40 466	5 261
Régime conjoint	34 539		34 539	
Bénin	30 025		30 025	11 176
Gambie	22 526		22 526	2 101
Togo	15 378		15 378	7 798
Cameroun	14 311		14 311	24 054
République démocratique du Congo	1 050		1 050	81 340
Sud de l'Afrique	1 434 666	1 526 162	2 960 828	89 035
Namibie	559 589	1 059 364	1 618 953	2 534
Angola	500 597	365 222	865 819	29 784
Afrique du Sud	374 480	101 576	476 056	56 717
Total	14 045 150	6 653 298	19 768 645	772 795

* Les données des juridictions maritimes de la Guyane française ne sont pas incluses dans la division « Amérique du Sud ».

Source : Doalos, 2022 et Banque mondiale, 2021

Tableau 2. Vue d'ensemble : juridictions de l'Atlantique Sud

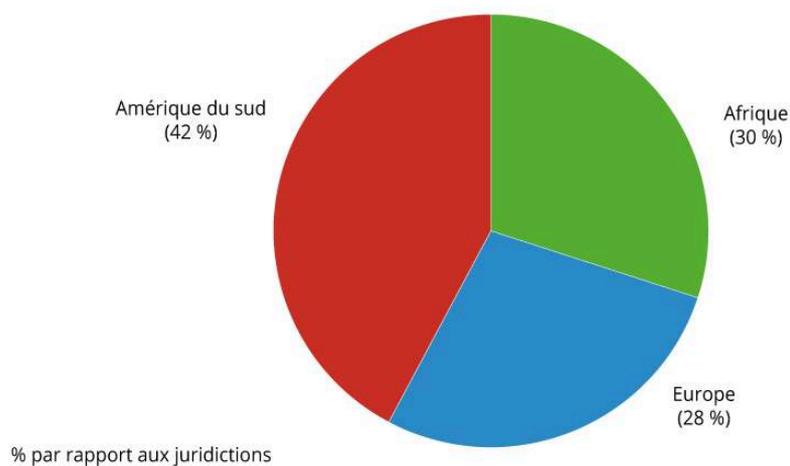
Juridictions*	Superficies	
	km ²	% du bassin
ZEE	14 045 150	26
PCE	6 653 298	12

HM	39 541 087	74
----	------------	----

* HM : haute mer
PCE : plateau continental étendu
ZEE : zone économique exclusive
Source : Doalos, 2022

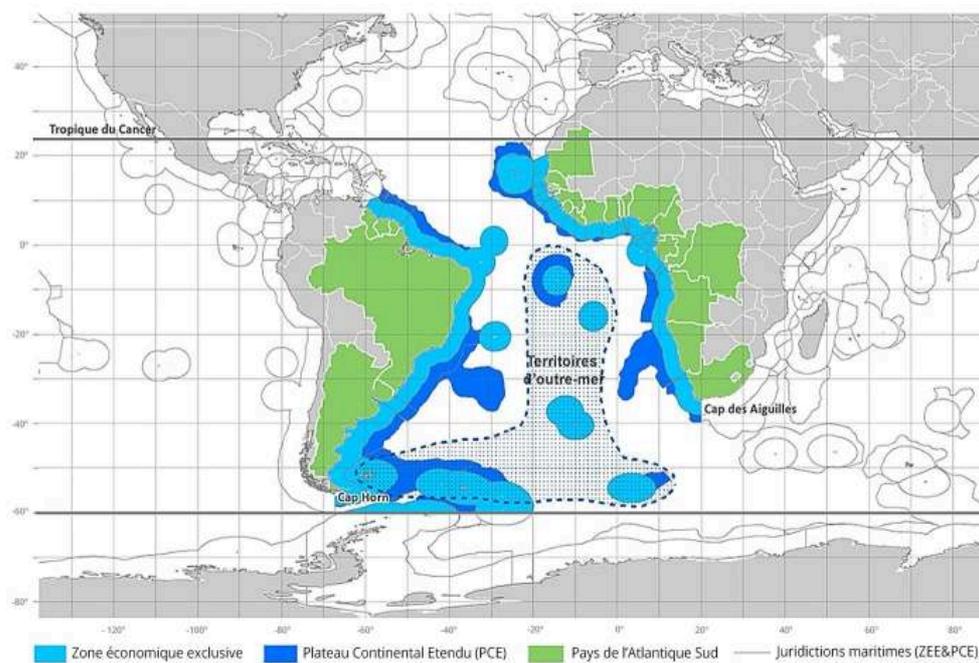
- 20 Ce qui distingue réellement l'Atlantique Sud de l'Atlantique Nord est la présence significative des eaux juridictionnelles des États européens, qui représentent 28 % de l'espace juridictionnel (fig. 3), avec une prédominance du Royaume-Uni, en raison de ses territoires insulaires (Ascension, Sainte-Hélène, Tristan da Cunha, Malouines, Géorgie du Sud, îles Sandwich). La distribution géopolitique des juridictions divise le bassin en trois grandes zones (fig. 4) : les deux marges adjacentes aux deux continents et la zone centrale générée par les territoires insulaires européens, favorisant l'intégrité et la cohésion politique du bassin maritime.
- 21 Bien qu'il existe un certain équilibre régional – côte américaine, îles centrales, côte africaine –, l'asymétrie est très prononcée en termes de nombre d'États, ce qui introduit une difficulté potentielle dans le processus décisionnel, puisque ce sont les institutions nationales qui détiennent la souveraineté dans les organismes internationaux et régionaux, avec des tâches distinctes liées à la gouvernance des océans.

Figure 3. Répartition des juridictions maritimes dans l'Atlantique Sud



Source : Doalos, 2022

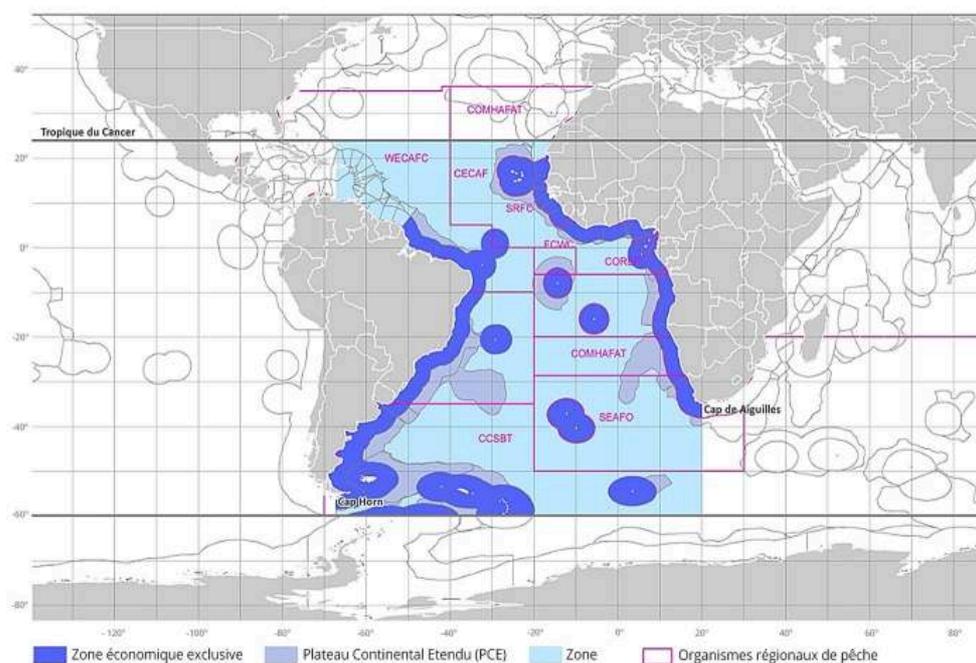
Figure 4. Territoires d'outre-mer



Source : Doalos, 2022

- 22 L'activité de pêche est gérée de manière institutionnelle notamment par les organismes régionaux de pêche (fig. 5).

Figure 5. Organismes régionaux de pêche



locat : Commission internationale pour la conservation des thonidés de l'Atlantique

Comhafat : Convention régionale sur la coopération halieutique entre les États africains riverains de l'océan Atlantique

SRFC : Commission sous-régionale des pêches

FCWC : Fishery Committee for the West Central Gulf of Guinea

Corep : Commission régionale des pêches du golfe de Guinée

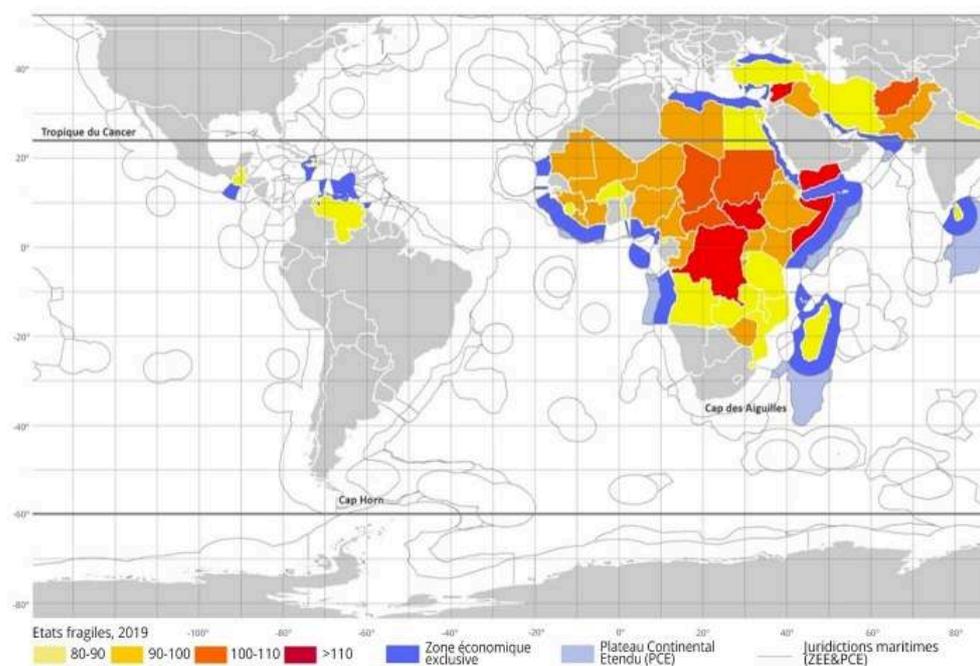
SEAFO : South East Atlantic Fisheries Organisation

CCSBT : Commission for the Conservation of Southern Bluefin Tuna

Source : Doalos, 2022

- 23 Les organismes régionaux de pêche offrent tous un cadre favorable à la gouvernance des océans, même si les limites et les lacunes nationales peuvent réduire leur capacité d'action. Par exemple, l'indice des États fragiles (FFP, 2019) (fig. 6) montre la localisation et la position relative des espaces maritimes les plus exposés aux carences politico-administratives, notamment en termes de contrôle territorial. L'image met en évidence l'asymétrie déjà observée du bassin.

Figure 6. États fragiles



Source : Doalos

24 En résumé, l'analyse de l'espace maritime en tant qu'espace politique permet de mettre en évidence les trois points suivants :

- *Le leadership territorial maritime.* Dans l'ensemble du bassin (Atlantique Sud), la superficie des espaces hors juridiction nationale est le double de celle des espaces soumis à la souveraineté et aux droits juridictionnels. Les États côtiers (29) exercent leur responsabilité sur près de 20 millions de km², mais avec une répartition très inégale et quelque peu singulière : le pays ayant la plus grande superficie d'espace maritime sous juridiction nationale est le Royaume-Uni (5 millions de km²), suivi du Brésil (tabl. 1). La plus petite superficie est celle de la République démocratique du Congo (1 050 km²), bien que ce soit le troisième pays en termes de population (après le Brésil et le Nigéria).
- *Cohésion versus fragmentation du pouvoir territorial maritime.* L'Amérique du Sud montre une certaine concentration du pouvoir territorial maritime – cinq États contrôlent 42 % de l'espace sous juridiction nationale – alors que du côté africain, on note une fragmentation avec 24 États et 32 % de l'espace maritime soumis à la souveraineté et aux droits juridictionnels. Cette situation intéresse directement la sécurité maritime (voies de navigation) et la sécurité nationale, du fait de la répartition des responsabilités entre une grande variété d'États dont les degrés de développement institutionnel sont très différents.
- *Intégration transocéanique.* Une comparaison entre les hémisphères maritimes Nord et Sud nous permet d'apprécier les différents degrés d'intégration entre les parties orientale et occidentale. Alors qu'au nord de l'équateur, une alliance politique, économique et culturelle a été consolidée (bien que dernièrement très critiquée), le sud manque encore de liens suffisamment solides entre les États pour construire une alliance similaire. Dans ce contexte, l'existence d'un troisième bloc juridictionnel maritime singulier, de leadership extrarégional, peut être pertinente, bien que difficile à préciser.

L'économie bleue

- 25 Dans cette section, nous précisons, bien que brièvement, en quoi consiste l'économie maritime de l'Atlantique Sud, c'est-à-dire son « économie bleue ». Ce terme, lorsqu'il est utilisé en anglais (*blue economy*), est ambivalent (SILVER *et al.*, 2015), car il peut faire référence à la fois à une école de pensée économique particulière (l'économie dite « circulaire »), dont le principal représentant est Gunter Pauli, auquel nous nous référerons plus loin, ainsi qu'à la conceptualisation de la nouvelle économie maritime par l'Union européenne (UE) (EUROPEAN COMMISSION, 2012, 2017, 2018). D'autre part, si pour certains spécialistes et organisations plus axés sur les aspects environnementaux, l'économie bleue signifie l'utilisation de la mer et de ses ressources pour un développement économique durable, pour d'autres, il s'agit d'un concept large, faisant référence à toutes les activités économiques marines, qu'elles soient durables ou non. Quoi qu'il en soit, et en laissant ce débat de côté, nous essaierons de suivre l'approche que la plupart – l'UE et d'autres organisations internationales telles que l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) (Initiative pour la croissance bleue) – adoptent pour analyser l'économie maritime : une approche dans laquelle les secteurs économiques maritimes peuvent contribuer à la création de prospérité, d'emplois et à l'éradication de problèmes sociaux majeurs (pauvreté, chômage, malnutrition, etc.)³.
- 26 Nous analyserons, sans être exhaustifs, l'importance de la mer et de ses ressources dans une zone comme l'Atlantique Sud pour ses États côtiers, en évaluant le potentiel de cet environnement océanique pour la création de richesses et d'emplois et son lien avec un développement durable et respectueux de l'environnement, ainsi que le rôle joué, par les activités économiques « traditionnelles » (exploitation des ressources marines vivantes, hydrocarbures offshore, activités portuaires, industrie maritime, transport maritime, tourisme côtier) ainsi que celles émergentes et innovantes (énergies renouvelables, biotechnologies marines, mines, dessalement, protection de l'environnement, défense et sécurité, recherche et éducation).
- 27 L'Atlantique Sud-Est considéré par ses États côtiers comme une zone marine au potentiel économique énorme, ce qui était déjà, d'une certaine manière, diagnostiqué dans les années 1970 (comme nous le verrons plus loin), et qui est toujours en vigueur aujourd'hui. Cela s'est traduit par un renforcement de la perspective stratégique et économique de cette région océanique, tant en raison de la présence de certaines grandes puissances émergentes (Brésil et Afrique du Sud) que de facteurs strictement économiques (importance des routes maritimes et des ressources marines, notamment les ressources halieutiques et les hydrocarbures offshore) (GREÑO VELASCO, 1976 ; BRAINARD et MARTÍNEZ-DÍAZ, 2009).
- 28 Le « rapport Shackleton », préparé en 1976 pour aborder l'avenir économique des îles Malouines, soulignait déjà l'important potentiel halieutique et pétrolier des eaux entourant l'archipel et le territoire contesté par l'Argentine (GREÑO VELASCO, 1977). Des études ultérieures ont également mis en évidence l'importance des ressources halieutiques dans le sud-ouest de l'Atlantique et sur la côte atlantique africaine, ainsi que l'existence d'importantes réserves d'hydrocarbures, encore inexploitées, sur le plateau continental brésilien. En matière de pêche, par exemple, les captures en 2016 étaient d'environ 1,5 million de tonnes (soit 1,7 % du total mondial) dans l'Atlantique

Sud-Ouest (zone FAO 41) et d'environ 1,7 million de tonnes dans l'Atlantique Sud-Est (zone FAO 47, 1,85 % du total mondial, FAO, 2018a).

29 Quoi qu'il en soit, et malgré cette brève description générale, il est nécessaire de souligner les différences importantes qui existent entre les deux rives de l'Atlantique Sud :

- La situation des pays d'Amérique du Sud est généralement beaucoup plus positive en termes socio-économiques. Des projets émergent dans ces pays dans le cadre de leurs économies maritimes. C'est le cas de l'Argentine, dont l'économie bleue est potentiellement nécessaire à l'économie nationale (BARUCH et DRUCAROFF, 2018), avec notamment des activités innovantes telles que l'algoculture, l'exploitation minière sous-marine ou la production d'énergie renouvelable (PAULI, 2017). Au Brésil, la production marine représente environ 19 % du PIB, avec un avenir économique et géopolitique très prometteur, grâce à l'intention d'étendre son plateau continental (voir plus loin) et de tirer parti de ses importantes ressources. Ce groupe est rejoint par l'Uruguay, l'un des pays de la région dont les infrastructures et le trafic portuaire sont les plus performants (et en croissance), ainsi que par les Guyanes, un petit territoire fortement dépendant du commerce extérieur et donc du trafic maritime.
 - Par rapport aux économies maritimes sud-américaines, celles des États côtiers africains de l'Atlantique Sud représentent une situation plus « critique » ou, du moins, contradictoire. Tout d'abord, parce que la plupart de ces États ont des économies beaucoup plus fragiles, confrontées à d'énormes défis sociaux et démographiques, dont les conséquences sont difficiles à gérer dans de nombreux cas. Ces pays africains peuvent être considérés comme des États relativement émergents, bien qu'ils souffrent encore d'importantes lacunes : manque d'infrastructures adéquates, trafic maritime très faible, développement limité ou inexistant d'activités maritimes innovantes, développement d'un secteur extractif (hydrocarbures) non exempt de conflits et faible impact positif sur le bien-être général de la population. Ces facteurs incluent également la pêche et les trafics illégaux, générant insécurité et piraterie dans les eaux de certains pays (conduisant à des « mers en déroute »), etc. Néanmoins, et dans une perspective plus optimiste, l'existence de nombreuses ressources marines sous-exploitées motive l'intérêt récent de nombreux pays africains à repenser les bases de leur développement. Différentes stratégies de gestion sont donc mises en place, créant un certain climat d'optimisme, faisant de l'économie bleue une possibilité réaliste de lutter contre la faim et la pauvreté (UNITED NATIONS/ECONOMIC COMMISSION FOR AFRICA, 2016). En ce sens, plusieurs pays africains se tournent vers l'économie bleue afin de mettre en place des politiques et des institutions (ministères, agences, etc.) associées à cette thématique pour planifier et diversifier leurs économies, en tenant compte du potentiel inexploité de la mer.
- 30 En conclusion, l'Atlantique Sud est une zone océanique très diverse et inégale – avec des différences substantielles entre ses deux rives – mais avec un potentiel économique important. La possibilité d'être une route maritime commerciale alternative à la route « Golfe Persique-Mer Rouge-Suez-Méditerranée », l'existence d'une ceinture de réserves d'hydrocarbures au large des côtes de l'Argentine et du Brésil et dans le golfe de Guinée, ainsi que l'exploitation de certaines ressources marines pour obtenir de l'énergie propre ou des produits biotechnologiques, laissent présager un avenir certain, surtout pour les pays disposés à innover et à gérer rationnellement ces zones marines. La mise en œuvre d'initiatives de coopération régionale en Afrique et en Amérique latine en faveur de la croissance bleue pourrait constituer un point de départ approprié pour relever ces défis.

Politique et planification maritimes : Brésil et Afrique de l'Ouest

Développement maritime au Brésil : contexte

- 31 Malgré son évolution économique et politique irrégulière ces dernières années, la croissance, le poids territorial et démographique et l'expansion maritime du Brésil en font un acteur clé de l'hémisphère Sud. Le Brésil occupe une position centrale tant dans le sous-continent que dans le bassin Sud de l'Atlantique, de sorte que toute initiative ou projet de coopération entre les rives occidentale et orientale sera conditionné par les circonstances dans lesquelles se trouve ce pays.
- 32 La politique maritime a représenté un nouveau visage du développement brésilien, qui, depuis le début des années 1970, avait déjà une histoire considérable d'initiatives visant à formuler des politiques nationales pour la mer. Ce fait a pris une importance considérable dans le cas d'une grande puissance émergente comme le Brésil. La position stratégique de l'État brésilien dans l'Atlantique Sud a fourni d'excellentes conditions pour l'analyse évolutive de la politique de la mer (MORRIS, 1979).
- 33 Au cours des années 2000, l'État brésilien a connu une phase de croissance économique, qui s'est traduite par un développement économique et social qui, à son tour, a nécessité plusieurs initiatives gouvernementales, telles que la création d'emplois, l'amélioration des revenus des travailleurs et la protection sociale. La croissance de l'État s'est accompagnée d'opportunités de nouveaux investissements dans divers secteurs de l'économie brésilienne. Et l'un de ces secteurs était un segment entier d'entreprises et de professionnels liés à la mer. Historiquement, le Brésil dispose d'un littoral offrant de grandes possibilités de navigation, et constitue également une grande source de pêche et de ressources naturelles, utiles au développement du pays. Cependant, c'est à travers l'exploration du pétrole sur le plateau continental brésilien que la mer brésilienne est devenue la cible des convoitises de différents types d'investisseurs, nationaux ou étrangers (MARRONI, 2013).
- 34 La préoccupation du gouvernement brésilien pour la régulation politique de l'utilisation des ressources maritimes et des espaces côtiers est devenue évidente dans les années 1970, tout comme la perspective environnementale dans la planification à l'échelle fédérale. La pression internationale pour préserver le patrimoine environnemental des pays a conduit le Brésil à créer, en 1973, le Secrétariat spécial pour l'environnement (SEMA), lié au ministère de l'Intérieur, comme première étape d'une planification intégrée de l'appareil d'État, visant à la préservation et à la conservation de la biodiversité brésilienne. Un an plus tard, par le décret n° 74 577 du 12 septembre 1974, la Commission interministérielle des ressources marines (CIRM) a été créée dans le but de coordonner les thèmes qui conduiraient à une politique nationale pour la région côtière brésilienne (MARRONI et ASMUS, 2005).
- 35 Avec le décret n° 5 377 du 23 février 2005, le Brésil dispose désormais d'une politique publique spécifique aux questions liées à la mer. La première version de la politique nationale pour les ressources marines a été produite en 1980. Après plus de 25 ans, avec des révisions constantes des plans sectoriels pour les ressources marines (PSRM), il y a eu des changements importants dans les scénarios nationaux et internationaux, liés

aux mers, aux océans et aux zones côtières ou de transition. Cette politique a été actualisée grâce à une série d'instruments qui orientent la gestion des ressources marines dans le pays. Parmi eux, le plan pluriannuel 2004-2007, également connu sous le nom de « Plan Brésil pour tous », a servi de base à l'adoption d'une politique marine au Brésil.

- 36 Lors des révisions des PSRM, les discussions ont contribué à la structuration d'une pensée politique pour la mer, la génération de connaissances sur le milieu marin et l'utilisation durable de ses richesses, en soulignant sa dimension socio-économique. Dans le cadre de la coopération institutionnelle, il est entendu que la gouvernance des espaces marins repose sur la gestion politique, économique et environnementale des activités de l'État dans ces espaces. La compréhension acquise à partir de l'étude initiale de la zone côtière, conformément à l'importance stratégique de l'Atlantique Sud pour le Brésil, ainsi que l'intérêt du Brésil à maintenir une base de recherche dans le territoire antarctique, réaffirment l'engagement du pays envers la mer.
- 37 Actuellement, le 10^e PSRM (2020-2023) (BRASIL, 2019) est en vigueur, dans le but de promouvoir la formation et les moyens des professionnels de l'éducation, les leaders communautaires et autres faiseurs d'opinions, pour développer des programmes éducatifs sur le rôle des océans pour l'économie, la qualité de vie et la santé de tous, afin d'améliorer la capacité des générations futures à contribuer au développement de l'économie bleue.

Le Brésil et l'expansion maritime : le leadership dans l'Atlantique tropical

- 38 La gouvernance mondiale des océans est devenue dépendante d'une internationalisation des connaissances sur la mer et de plusieurs actions expansionnistes dérivées de processus politiques externes, par le biais de l'accord d'organisations internationales (comme la Commission des limites du plateau continental), qui gèrent des mécanismes pour ordonner cet espace. Dans le cas des pays en développement, les limites étroites de leurs juridictions maritimes ont été héritées, dans la plupart des cas, des anciennes puissances coloniales. Les pays plus jeunes n'avaient pas encore pleinement conscience de l'importance, notamment économique, des mers adjacentes à leurs côtes. Les pays industrialisés ont essayé de préserver, dans une large mesure, la liberté d'action de leurs flottes militaires, de leurs navires marchands, de leurs flottes de pêche et de leurs expéditions scientifiques.
- 39 Jusqu'en 1970, seuls les pays d'Amérique latine, certains pays d'Afrique et d'Asie ainsi que l'Islande, ont étendu, d'une manière ou d'une autre, leurs droits souverains ou juridictionnels sur les eaux adjacentes. Plusieurs pays d'Amérique latine (Argentine, Chili et Pérou) ont été les précurseurs. C'est l'Amérique latine qui a initié le processus d'extension des juridictions maritimes nationales. Les nations pionnières en matière d'expansionnisme maritime ont été : l'Argentine en 1946, puis le Chili et le Pérou en 1947 ont fixé l'extension des eaux adjacentes à 200 milles nautiques précisément, en proclamant la souveraineté et la juridiction sur ce territoire (CASTRO, 1969 ; MARRONI, 2013).
- 40 Dans ce contexte, les réunions préalables à la Convention des Nations unies sur le droit de la mer (UNCLOS adoptée en 1982) et, notamment, l'action de certains pays d'Amérique latine, ont eu deux conséquences fondamentales sur le contenu de la

convention UNCLOS : (1) elles ont limité la proposition des deux superpuissances de l'époque (États-Unis et URSS), dans une conférence à l'ordre du jour limité, où la pression contre l'expansion des zones maritimes nationales était particulièrement forte ; (2) elles ont retiré la question de la définition des limites de la juridiction de l'État côtier du champ spécifique des négociations sur le patrimoine commun de l'humanité. Le tableau politico-diplomatique qui se présentait à un pays comme le Brésil, qui envisageait déjà sérieusement l'option des 200 milles marins, était alors inquiétant. D'une part, les pays en développement auraient, en principe, intérêt à assigner de larges contours géographiques à la zone internationale des fonds marins. D'autre part, les puissances maritimes tenaient à interdire les mesures – adoptées jusqu'à présent par une minorité d'États membres de la communauté internationale – visant à étendre les juridictions nationales aux eaux maritimes.

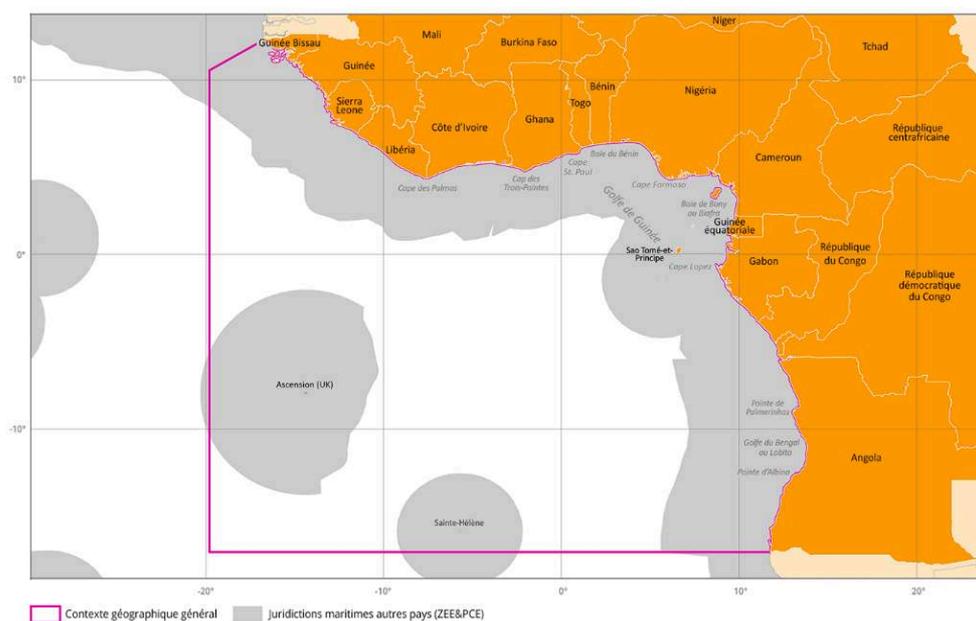
- 41 Contrairement aux facteurs politico-diplomatiques qui ont justifié ou recommandé la décision du Brésil d'étendre son domaine maritime, il y avait la perspective bien réelle que cette mesure provoque une forte réaction négative de la part des puissances maritimes traditionnelles, avec lesquelles le pays entretenait des relations amicales et une bonne entente. Il a été conclu que le coût politique/diplomatique serait tolérable et absorbable.
- 42 Les 200 milles ne concernent pas seulement la question du libre transit sur les mers, mais aussi le domaine et la possession des richesses minérales sous-marines. La mer territoriale de 200 milles marins adoptée par le Brésil a été le résultat d'un ensemble de facteurs ou de forces, qui ont incité le gouvernement à adopter une mer brésilienne, en essayant d'affirmer, de cette manière, l'autonomie décisionnelle de la politique étrangère nationale dans le cadre de la « grande puissance brésilienne », souhaitée par les militaires. À cette époque (fin des années 1960 et début des années 1970), il existait déjà des projets de recherche scientifique visant à découvrir le potentiel de la mer. Quant aux facteurs politico-diplomatiques, il y avait l'intérêt d'unir le Brésil aux pays d'Amérique latine pour étendre la zone des 200 milles, le désir de reconnaissance de l'État brésilien comme puissance émergente et l'objectif stratégique de rapprochement avec les pays africains. La solidarité africaine avec la décision unilatérale du Brésil d'étendre ses domaines maritimes dans l'Atlantique Sud a été un atout important dans les forums multilatéraux (CASTRO, 1989 ; MARRONI, 2013).
- 43 Ainsi, le Brésil et d'autres petits États ont offert une résistance aux positions hégémoniques des puissances mondiales ; ils les ont défiées et ont augmenté leur pouvoir de négociation dans les forums qui façonnent le système international. Cependant, l'État brésilien, en abandonnant sa position conservatrice et en adoptant une position plus incisive, pour défendre ses droits sur les ressources naturelles adjacentes à sa zone côtière, a fondé sa décision politique (d'une mer territoriale de 200 milles marins) sur les précédents latino-américains (comme le stipule le décret 28 840 du 8 novembre 1950). L'augmentation à 200 milles marins a été recommandée, entre autres raisons, parce qu'elle servirait d'incitation à accroître la taille de la force navale en fonction de la zone maritime et de la position stratégique du Brésil dans l'Atlantique Sud. La perception des tendances internationales et des intérêts nationaux recommandait et justifiait cet acte de revendication unilatérale sur une grande zone maritime adjacente à la côte du Brésil.
- 44 L'extension de la mer territoriale du Brésil a été très bien accueillie par les pays d'Amérique latine qui avaient déjà étendu leurs juridictions maritimes, car ils se sont

sentis renforcés au niveau international par l'adhésion du Brésil à la limite des 200 milles nautiques. Toutefois, ce n'est pas seulement par solidarité avec les pays voisins que le Brésil a étendu son domaine maritime. Si le Brésil a fait ce choix, c'est parce que ses propres intérêts nationaux l'ont conduit à suivre l'exemple de ces pays. Et une fois cette décision prise, il n'y avait aucune raison de ne pas invoquer l'argument de la solidarité, à la fois pour justifier l'acte unilatéral du Brésil et comme geste politique positif dans le tiers-monde.

Initiatives de planification : la dimension maritime du golfe de Guinée

- 45 Le golfe de Guinée est une région maritime d'une importance particulière, concentrant des éléments économiques et politiques pertinents qui confèrent à cet espace une certaine cohésion et une identification géopolitique : une référence régionale dans le vaste domaine marin de l'Atlantique Sud. Aux fins de ce chapitre, il constitue, avec le Brésil, un contexte océanique émergent, une nouvelle réalité géopolitique dans le vaste bassin entre l'Arctique et l'Antarctique.
- 46 Le domaine géographique du golfe de Guinée peut être défini, plus précisément, comme une vaste région du continent africain, s'étendant de la Guinée-Bissau à l'Angola (fig. 7), totalisant 16 États côtiers, avec une population d'environ 400 millions d'habitants, 14 087 km de côtes, et une superficie de près de 6,7 millions km². L'espace marin intégré dans cette région, selon les limites indiquées, couvre plus de 9 millions de km², de sorte que la dimension totale de ce scénario géographique atteint 15,7 millions de km² de surface. En y incluant les États enclavés, cette superficie dépasserait 20,4 millions de km² et environ 475 millions d'habitants.

Figure 7. Géographie du golfe de Guinée



Source : Doalos

- 47 Sur le plan politique, le golfe de Guinée bénéficie de structures institutionnelles qui lui donnent une cohésion en tant que région marine, et qui sont essentielles pour le développement de politiques supranationales concernant l'économie maritime afin de combattre la piraterie et les activités illégales dans ses eaux.
- 48 L'Union africaine (créée en 2001), héritière de l'ancienne Organisation de l'unité africaine (créée en 1963), est la plus importante organisation politique d'Afrique, dont l'objectif principal est d'accélérer le processus d'intégration sur le continent afin de relever les défis de la mondialisation et de promouvoir le rôle de l'Afrique en tant qu'acteur international. Au cours des dernières décennies, l'expansion des marchés est apparue comme un facteur d'intégration régionale. Dans la région du golfe de Guinée, on trouve des organisations telles que la Communauté économique et monétaire de l'Afrique centrale (Cemac), la Communauté économique des États de l'Afrique de l'Ouest (Cedeao) et l'Union économique et monétaire ouest-africaine (Uemoa). En 2001, la Commission du golfe de Guinée (CGG) a été créée à Libreville, au Gabon, et a commencé ses activités en 2007. La CGG est composée de huit pays : Angola, Cameroun, Congo, République démocratique du Congo, Gabon, Guinée équatoriale, Sao Tomé-et-Principe et Nigéria. Dans le golfe de Guinée, il y a quatre États du Commonwealth (tabl. 7).
- 49 La faiblesse généralisée des institutions politiques dans l'hémisphère Sud – en particulier dans le grand segment côtier – se transfère inévitablement, et avec une plus grande intensité, à l'espace maritime sur lequel se projettent la souveraineté et les droits juridictionnels des États côtiers. Le contrôle territorial, déjà faible sur le continent, ne peut guère s'exercer sur un territoire maritime de plus de 2 millions de km², dont 1,17 million de km² d'eaux territoriales des neuf États côtiers des golfes du Bénin et du Biafra.

Tableau 7. Institutions supranationales

Pays	Union africaine	Politique de voisinage	Commonwealth	Cemac*	Cedeao*	Ceeac*	Opec*	CGG*	Uemoa*
Angola	X	X				X	X		
Bénin	X	X			X				X
Burkina Faso	X				X				X
Cameroun	X	X	X	X		X		X	
Côte d'ivoire	X	X			X				
Gabon	X	X		X	X		X ¹	X	
Ghana	X	X	X			X			
Guinée	X	X			X				
Guinée équatoriale	X	X		X		X		X	

Guinée-Bissau		X			X				X
Libéria	X	X			X				
Mali	X				X				X
Niger	X				X				X
Nigéria	X	X	X		X		X	X	
République centrafricaine				X		X			
République démocratique du Congo	X	X				X		X	
République du Congo	X	X		X		X		X	
Sao Tomé-et-Principe	X	X		X		X		X	
Sierra Leone	X	X	X		X				
Tchad	X			X		X		X	
Togo	X	X			X				X

*Cedeao : Communauté économique des États de l'Afrique de l'Ouest

Ceeac : Communauté économique des États de l'Afrique centrale

Cemac : Communauté économique et monétaire de l'Afrique centrale

CGG : Commission du golfe de Guinée

Opec : Organisation des pays exportateurs de pétrole

Uemoa : Union économique et monétaire ouest-africaine

- 50 La sûreté maritime est essentielle pour garantir les revenus des États côtiers, ainsi que d'autres activités qui contribuent aux moyens de subsistance de ces économies, notamment la pêche, l'aquaculture, le transport maritime (qui touche également les États enclavés), le tourisme et les services écosystémiques marins. En plus des impacts nationaux et régionaux, la sécurité maritime a une dimension internationale évidente liée au pétrole et au commerce maritime, qui affecte l'approvisionnement énergétique d'autres pays et régions, les investissements dans l'industrie pétrolière et le secteur des transports. L'Afrique est un continent qui suscite un intérêt croissant de la part de la communauté internationale. Depuis les années 2010 et jusqu'à la crise sanitaire de la Covid-19, son taux de croissance continue d'osciller autour de 5 %. L'Afrique est généralement considérée comme une zone à fort potentiel, ce qui explique qu'elle soit soumise à une forte concurrence mondiale (VEDRINE *et al.*, 2014). L'Afrique de l'Ouest est considérée comme une « étoile géopolitique montante ». Pourtant, certains auteurs ouest-africains (DAMON et IGUÉ, 2003) considèrent que cette région reste absente des

investissements des grandes multinationales, bien qu'elle soit plus attractive que l'Afrique de l'Est, mais moins que l'Afrique australe (DAMON et IGUÉ, 2003).

- 51 L'Union européenne considère que l'Afrique est une zone d'intérêt économique de grande valeur stratégique, y compris pour l'énergie du golfe de Guinée. Ainsi, les politiques de l'UE s'intéressent à de nombreuses questions se rapportant à ce continent, notamment le développement, mais aussi la gouvernance, les droits de l'homme, le commerce, l'intégration régionale, le changement climatique, la sécurité alimentaire et les migrations et, ces dernières années, la gestion des conflits avec la participation à des opérations de paix dans différents pays.
- 52 La construction des relations entre l'UE et l'Afrique repose, depuis 2007, sur le « partenariat », dans le cadre duquel la stratégie commune UE-Afrique (Scua) a été adoptée lors du sommet de Lisbonne en 2007. La stratégie commune UE-Afrique constitue le cadre général des relations politiques entre les deux continents, même si l'UE a créé d'autres instruments régionaux. Par exemple, tous les pays d'Afrique du Nord font partie de la politique européenne de voisinage (PEV) équipée d'un instrument financier (instrument européen de voisinage et de partenariat, IEVP).
- 53 La région Afrique de l'Ouest-Golfe de Guinée fait partie d'une entité politique plus large : l'Afrique-Caraïbes-Pacifique (ACP), appelée « l'Accord de Cotonou », révisé pour la deuxième fois en 2010. Cet instrument fournit une couverture juridique au dialogue politique et à la coopération économique entre l'UE et les pays ACP, pour lesquels existe le Fonds européen de développement (FED). Lorsque les actions à développer sont de nature locale, un seul instrument financier est disponible : l'instrument de stabilité, qui permet de faire face à des situations de haut intérêt stratégique, applicable à la question de la piraterie dans certaines zones, comme le golfe de Guinée. Cet instrument est en vigueur depuis 2007 et est utilisé en complément d'autres instruments régionaux. L'instrument de stabilité est utile lorsque les instruments régionaux transnationaux ne peuvent pas être utilisés et vise principalement les situations liées à la sécurité (et le lien entre sécurité intérieure et extérieure), bien que son inconvénient soit sa petite enveloppe financière. (ROY, 2012).

Conclusion

- 54 Les spécialistes qui s'intéressent à l'Atlantique consacrent une partie de leurs efforts intellectuels à la découverte de nouveaux intérêts économiques, géopolitiques et géomaritimes qui devraient déboucher sur un nouvel ordre océanique mondial. La coopération et le développement d'une vision stratégique à long terme dépendent de la capacité à mobiliser les ressources humaines et à favoriser l'engagement social. Il est nécessaire de disposer de politiques capables d'évaluer les tendances du pouvoir dans le système politique mondial, de maximiser les ressources disponibles et de mettre en œuvre des stratégies qui privilégient les alliances, les institutions et les réseaux dans le contexte actuel de la gouvernance des océans.

BIBLIOGRAPHIE

AGÊNCIA BRASIL, 2019

Economia marítima rende R\$ 2 trilhões para o Brasil por ano. <http://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2019-06/economia-maritima-rende-r-2-trilhoes-para-o-brasil-por-ano>

BARUCH G., DRUCAROFF S., 2018

Estimaciones del potencial económico del océano en la Argentina. Buenos Aires, Centro Interdisciplinario de Estudios en Ciencia, Tecnología e Innovación (Ciecti).

BRAINARD L., MARTÍNEZ-DÍAZ L. (eds.), 2009

Brazil as an economic superpower? Understanding Brazil's changing role in the global economy. Washington, Brookings Institution Press.

BRASIL, 2004

Plano plurianual 2004-2007. Plano Brasil de todos. Brasília, 228 p. <https://www2.camara.leg.br/orcamento-da-uniao/leis-orcamentarias/ppa/2004-2007/ppa-2004-2007/proposta/anexo1.PDF>

BRASIL, 2005

Decreto nº 5.377 de 23 de fevereiro de 2005. *Aprova a política nacional para os recursos do mar-PNRM.* http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2005/Decreto/D5377.htm

BRASIL, 2014

Atuação da CIRM no mar e na Antártica. CIRM, Comissão interministerial para os recursos do mar.

BRASIL, 2019

X Plano setorial para os recursos do mar. CIRM, Comissão interministerial para os recursos do mar, 42 p. <https://www.marinha.mil.br/secirm/sites/www.marinha.mil.br/secirm/files/publicacoes/psrm/XPSRM.pdf>

BRASIL, 2020

Marinha do Brasil. Vertente econômica. https://www.mar.mil.br/hotsites/amazonia_azul/vertente-economica.html

CASTRO L. A. A., 1989

O Brasil e o novo direito do mar. Mar territorial e zona econômica exclusiva. Brasília, Instituto de Pesquisa em Relações Internacionais-Fundação Alexandre de Gusmão.

CASTRO R. N. L., 1969

Aspectos fundamentais da doutrina Brasileira sobre plataforma continental. *Revista Brasileira de política internacional.* Rio de Janeiro, ano XII, nº47/48, set./dez.

COUNCIL OF THE EUROPEAN UNION, 2014

European Union maritime security strategy. 24 juin, 11205/14, Bruxelles, Conseil de l'Europe.

DAMON J., IGUÉ J. O., 2003

L'Afrique de l'Ouest dans la compétition mondiale. Quels atouts possibles ? Paris, Éditions Karthala, 504 p.

EUROPEAN COMMISSION, 2012

Blue growth—Opportunities for marine and maritime sustainable growth, COM(2012) 494 final, 13 septembre, Bruxelles, Commission européenne.

EUROPEAN COMMISSION, 2017

Report on the Blue growth strategy: towards more sustainable growth and jobs in the blue economy. SWD(2017) 128 final, 31 mars, Bruxelles, Commission européenne.

EUROPEAN COMMISSION, 2018

Annual economic report on EU blue economy. Bruxelles, DG Maritime Affairs and Fisheries.

FAO, 2018a

El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2018. Cumplir los objetivos de desarrollo sostenible. Rome, FAO.

FAO, 2018b

FAO yearbook. Fishery and Aquaculture Statistics 2016. Rome, FAO.

FFP, 2019

Fragile States Index 2019. Annual Report. Edited by Messner J. J. et al. Washington, Fund for peace, 43 p.

GREÑO VELASCO J. E., 1976

Estrategia y política en el Atlántico Sur. *Revista de Política Internacional*, 148 :19-43.

GREÑO VELASCO J. E., 1977

El "informe shackleton" sobre las Islas Malvinas. *Revista de Política Internacional*, 153 : 31-56.

HILL. C., KLEIN N., WESSELS W., 2011

« EU Multilateralism: rhetoric and reality in the context of global governance ». In Maduro M. P. (ed.) : *An EU agenda for global governance.* Global Governance Programme, Florence, European University Institute/Robert Schuman Centre for Advanced Studies.

KPMG, 2014

Oil and gas in Africa. Reserves, potential and prospects of Africa. Africa's reserves, potential and prospects. 20 p. <https://www.resourcedata.org/hr/dataset/rgi-oil-and-gas-in-africa-africa-s-reserves-potential-and-prospects/resource/f9dce625-fdda-45ac-b21f-206ab1acd5c0>

MARRONI E. V., 2013

Política internacional dos oceanos: caso brasileiro sobre o processo diplomático para a plataforma continental estendida. Thèse de doctorat en sciences politiques, Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

MARRONI E. V., 2014

The importance of public policy for Blue Amazon marine spatial planning. *Development Studies Research*. 1 (1) : 161-167. <https://doi.org/10.1080/21665095.2014.919233>

MARRONI E. V., ASMUS M. L., 2005

Gerenciamento Costeiro: uma proposta para o fortalecimento comunitário na gestão ambiental. Pelotas, Editora USEB.

MARRONI E. V., CASTRO F. R. DE, VIOLANTE A. R., 2018

Securitização do meio ambiente: segurança humana e responsabilidade de proteger para todos? *Revista da Escola de Guerra Naval*, 24 (1) : 68-95. <https://doi.org/10.22491/1809-3191>

MIYAMOTO S., 2009

O Brasil e a comunidade dos países de língua portuguesa (CPLP). Brasília, Instituto Brasileiro de Relações Internacionais.

MORRIS M. A., 1979

Ocean policy and law: the case of Brazil. Latin American Commercial Law Symposium. v.2, Boston College International and Comparative Law Review (mimeo.).

ONUOHA F. C., 2012

Piracy and maritime security in the Gulf of Guinea: Nigeria as a microcosm. Rapport, Aljazeera Center for Studies.

PATIL P G., VIRDIN J., DIEZ S. M., ROBERTS J., SINGH A., 2016

Toward a blue economy: a promise for sustainable growth in the Caribbean. An overview. Washington, The World Bank.

PAULI G., 2017

El Plan A. La transformación de la economía argentina. Buenos Aires, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación.

ROLL M., SPERLING S., 2011

Fuelling the world-Failing the region? Oil governance and development in Africa's Gulf of Guinea. Abuja, Friedrich-Ebert-Stiftung, 123 p.

ROY R., 2012

The role of the EEAS. Interdisciplinary/global approach. communication au séminaire *Piracy, the curse of maritime transport*, Bruxelles, 28-29 mars.

SILVER J. J., GRAY N. J., CAMPBELL L. M., FAIRBANKS L. W., GRUBY R. L., 2015

Blue economy and competing discourses in international oceans governance. *The Journal of Environment & Development*, 24 (2) : 135-160.

UN, 2014

Blue economy concept paper. New York, United Nations, 13 p. <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/2978BEconcept.pdf>

UNITED NATIONS/ECONOMIC COMMISSION FOR AFRICA, 2016

Africa's blue economy: a policy handbook. Addis-Abeba, Economic Commission for Africa, 109 p.

VEDRINE H., ZINSOU L., THIAM T., SÉVÉRINO J. M., EL KAROUI H., 2014

Un partenariat pour l'avenir : 15 propositions pour une nouvelle dynamique économique entre l'Afrique et la France. Paris, Hachette, coll. Pluriel, 372 p.

VIOLANTE A. R., 2017

Política externa, política de defesa e cooperação Sul-Sul como grande estratégia na África Ocidental: um estudo de caso em Cabo Verde e São Tomé e Príncipe. (Mestrado em Estudos Estratégicos da Defesa e da Segurança) – PPGEST/ Universidade Federal Fluminense, 366 p.

NOTES

1. La République du Cap-Vert a changé son nom officiel dans toutes les langues en République du Cabo Verde le 24 octobre 2013 dans une demande soumise au Secrétaire général par le représentant permanent du pays auprès des Nations unies. Conformément à cette demande, il ne sera fait mention dans cette publication qu'au Cabo Verde. Afin de respecter les titres des œuvres préalablement parues, les références ou sources imprimées mentionnant dans leur titre « Cap-Vert » (en français) ou « Cape Verde » (en anglais) n'ont pas été modifiées.

2. Mercosur : <https://www.mercosur.int> ; Union africaine : <https://au.int>

3. En fait, le concept d'économie bleue émerge de la Conférence des Nations unies sur le développement durable de 2012 (Rio+20), qui l'a conçu comme un outil essentiel pour éradiquer la pauvreté et parvenir au développement durable. Ce concept a été promu lors de la 32^e Conférence régionale de la FAO pour l'Asie et le Pacifique en 2014, où une initiative régionale visant à accroître l'aquaculture dans le cadre de la croissance bleue a été soutenue afin d'améliorer l'approvisionnement en poissons et les moyens de subsistance des populations (<http://www.fao.org/asiapacific/perspectives/blue-growth/es/>). Voir également UN (2014) et PATIL *et al.* (2016).

AUTEURS

JUAN LUIS SUÁREZ DE VIVERO

Géographe, université de Séville, Espagne.

ETIENE VILLELA MARRONI

Géographe, université de Séville, Espagne.

JUAN CARLOS RODRÍGUEZ MATEOS

Géographe, université de Séville, Espagne.

EURICO DE LIMA FIGUEIREDO

Chercheur en études stratégiques et relations internationales, université fédérale Fluminense (UFF), Brésil.

ALEXANDRE ROCHA VIOLANTE

Chercheur en études stratégiques et relations internationales, Institut d'études stratégiques, UFF, Brésil.

**Partie III. Les outils de la
planification spatiale marine.
Naviguer vers l'interdisciplinarité et
l'innovation**

Chapitre 12. La planification spatiale marine dans les contextes pauvres en données

Croyez-en les Beatles, des diamants peuvent venir du ciel

Adrien Brunel, Alessandro Giorgis, Noé Bente, Gilles Domalain et Sophie Lanco Bertrand

Introduction

- 1 Le projet « Planning in a liquid world with tropical stakes » (Paddle) définit l'un des objectifs de la planification spatiale marine (PSM) comme étant de « réconcilier les usages humains de la mer et la conservation », ce qui signifie qu'il est crucial d'obtenir des informations sur ces usages afin d'informer les futures actions de gouvernance. Notre approche propose de surmonter en partie les possibles carences de données sur les activités humaines en extrayant des informations spatialement explicites à partir d'images satellites disponibles via Google Earth (GE) et d'un traitement par SIG (logiciel Quantum Geographic Information System, QGIS). Peu utilisé jusqu'ici pour informer les démarches de PSM, Google Earth met pourtant à disposition des images satellites optiques haute résolution (Landsat) et des prises de vue aériennes porteuses de nombreuses informations. Sur la base de ce constat, nous proposons dans ce chapitre une méthodologie standardisée (à des fins de partage et de reproductibilité) d'extraction de données à partir de cette riche source d'informations. Concrètement, nous superposons une grille de discrétisation sur une couche de fond des images GE pour ensuite effectuer un pointer-cliquer manuel sur chaque élément d'intérêt (bateaux de pêche, stations balnéaires, parasols, etc.) à l'intérieur de chaque pixel de la grille. Ensuite, un comptage automatique de ces caractéristiques est effectué par QGIS. Ainsi, les éléments dénombrés par unité d'espace et leur combinaison peuvent être considérés comme des substituts pertinents pour les activités de pêche et de tourisme, ce qui nous permet de produire des cartes de densité associées. Notre cas d'étude se

situé sur le littoral de Pernambuco, État brésilien du Nordeste bordé par l'Atlantique tropical et dont la côte est principalement utilisée à des fins touristiques et de pêche.

Matériels et méthodes

- 2 Nous détaillons dans cette section un protocole standardisé pour générer des données reposant sur la combinaison d'images GE et de traitements par le logiciel QGIS.

Matériel

- 3 GE et QGIS¹ sont deux plateformes gratuites et disponibles sur tous les systèmes d'exploitation, permettant à tout utilisateur d'accéder aux images optiques, satellites et aériennes, avec une résolution de l'ordre du mètre et ensuite de manipuler ces données afin d'en extraire un maximum d'informations, notamment concernant la répartition spatiale des usages anthropiques.

Google Earth

- 4 GE est un logiciel permettant une visualisation de la Terre avec un assemblage de photographies aériennes et satellitaires. Les images satellites couvrent toute la surface de la Terre et proviennent actuellement de Landsat 8 (lancé par la National Aeronautics and Space Administration, Nasa, en 2013). Les dates de couverture retenues sont celles minimisant la couverture nuageuse, et garantissant une résolution minimale de 15 m en tout point de la planète. La résolution d'observation maximale des lieux géographiques dépend de leur intérêt. Les agglomérations couvertes par des photographies aériennes peuvent ainsi être observées avec une résolution suffisamment élevée pour pouvoir distinguer individuellement chaque immeuble, maison et même voiture (résolution de l'ordre du mètre). Nous avons utilisé les images GE comme couche de fond dans QGIS pour réaliser notre comptage des objets d'intérêt (voir la partie sur les résultats). En outre, les vues « Google Street View » ont été utilisées pour corroborer la nature des objets dénombrés : une vue plus proche a souvent permis de différencier des types de bateaux ou d'infrastructures.

QGIS

- 5 Quantum GIS (QGIS) est un logiciel de SIG gratuit largement répandu. Nous avons utilisé la version 3.4 de Madère QGIS et avons installé l'extension « Go2NextFeature3 2.00 ». QGIS est un outil générique et convivial basé sur la superposition de couches géographiques et comprend diverses fonctionnalités utiles. Il permet, entre autres, de visualiser, d'analyser, de parcourir, de cartographier, de créer, de gérer et d'exporter des données. L'interface relativement intuitive le rend facile à utiliser même pour un débutant, et les extensions disponibles ajoutent encore plus de fonctionnalités. L'intérêt d'utiliser QGIS pour collecter et analyser nos données réside dans sa polyvalence (collecte de données et cartographie), ainsi que dans la possibilité de travailler avec différentes sources d'information (images satellites, base de données personnelles, couches institutionnelles, etc.) En ce qui concerne notre travail, le logiciel QGIS est un outil intéressant pour réaliser notre comptage : grâce à son extension « Go2NextFeature », nous avons pointé et cliqué sur des caractéristiques intéressantes

dans chaque pixel de la grille appliquée aux fonds d'images GE et ainsi semi-automatiser le comptage.

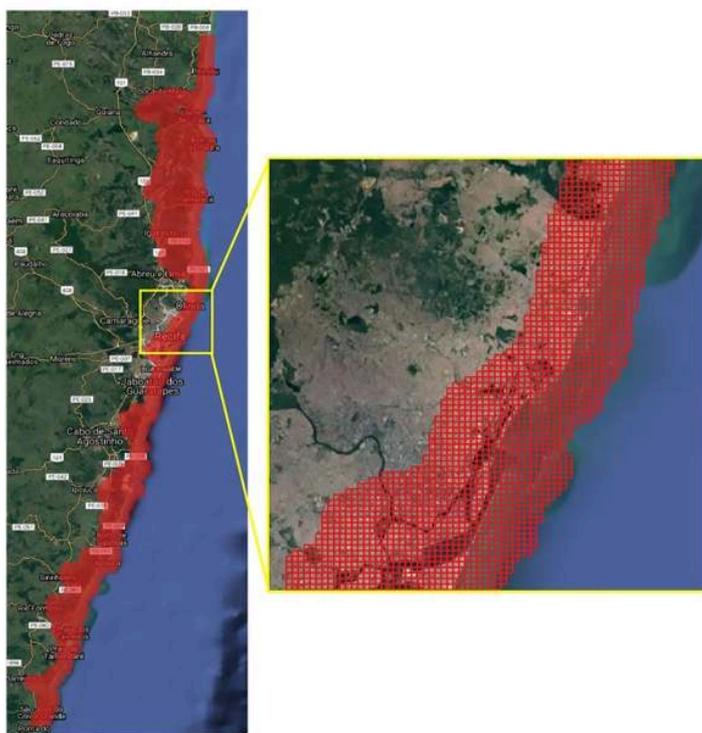
Méthodes

- 6 Comme indiqué précédemment, nous avons combiné le logiciel QGIS avec la couche d'images GE pour extraire une base de données sur les usages anthropiques. La superposition d'une couche de grille permet la discrétisation de la zone d'étude de la zone d'étude pour ensuite compter automatiquement dans cette grille des caractéristiques d'intérêt catégorisées qui seront ensuite traitées comme des indicateurs spatialement explicites des usages anthropiques des espaces côtiers.

Grille de discrétisation

- 7 La grille a été construite pour couvrir le littoral du Pernambouc dont la forme est irrégulière (fig. 1) et s'étend approximativement des longitudes 35,19° W à 34,79° W et des latitudes 8,92° S à 7,39° S. La grille est composée de 29 295 cellules de 220 m x 220 m, ce qui correspond à une surface couverte d'environ 1 400 km². La résolution est suffisamment fine pour permettre de distinguer et compter les éléments d'intérêt (bateaux, parasols, etc.).

Figure 1. Grille de discrétisation (en rouge) de la zone d'étude du Pernambouc et zoom sur Recife (rectangle jaune)

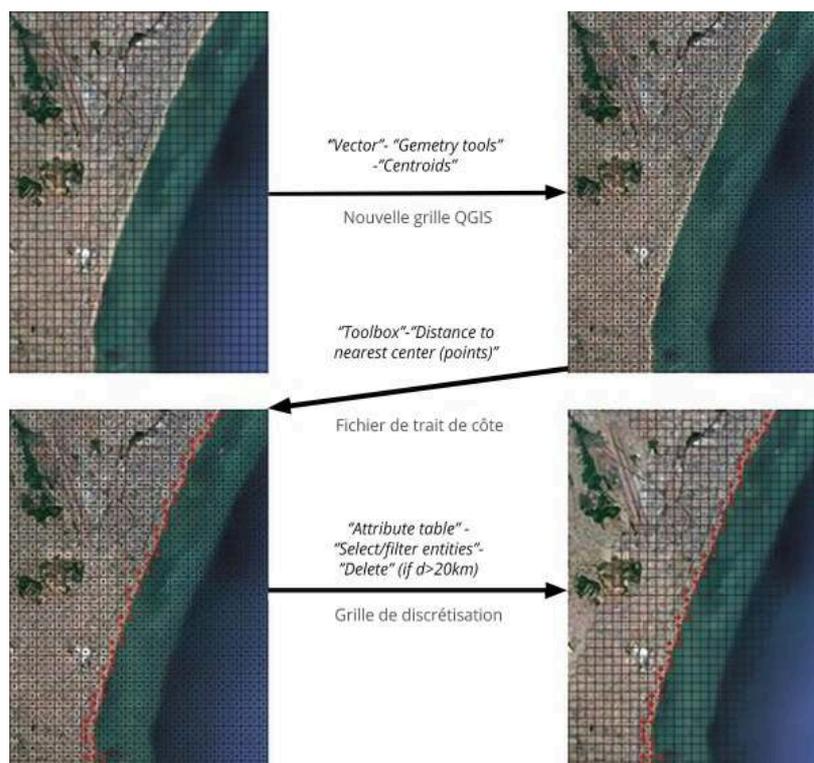


Source : image Google Earth traitée avec QGIS

- 8 La grille de discrétisation a été générée en utilisant la fonction dédiée de QGIS dans l'onglet « vecteur ». La grille par défaut produite par QGIS est rectangulaire, ce qui n'est pas adapté pour couvrir le littoral du Pernambouc s'étirant en latitude. Pour y

remédier, nous avons créé et positionné des centroïdes de pixels grâce à la fonction du même nom dans l'onglet « vecteur ». Ensuite, l'algorithme « distance au centre le plus proche (points) » inclus dans la boîte à outils de QGIS a été utilisé entre les centroïdes de pixels et le fichier contenant les coordonnées du rivage. Enfin, cette procédure a permis d'obtenir la grille de discrétisation finale grâce à la suppression des pixels situés à plus de 2 km du rivage (fig. 2).

Figure 2. Flux de travail pour élaborer la grille de discrétisation



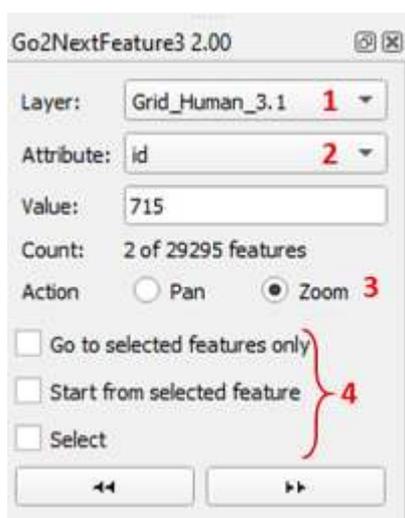
En italique, chemin d'accès aux commandes souhaitées sous QGIS 3.4 Madère

En gras, les fichiers utilisés

Source : image Google Earth traitée avec QGIS

- 9 Chaque pixel est pourvu d'un numéro d'identification et des coordonnées spatiales associées. Une fois la grille créée et superposée à l'arrière-plan des images GE, il est possible de compter les éléments d'intérêt dans chaque pixel et de déterminer ainsi leur distribution spatiale. Pratiquement, chaque pixel (identifié grâce à un numéro d'identification) est associé à une ligne dans la table d'attributs QGIS, un tableau utilisé pour récupérer les données. Enfin, l'extension « QGIS Go2NextFeature » permet de lister les pixels (fig. 3) et de noter par « pointer et cliquer » les informations pertinentes.

Figure 3. Go2NextPanneau de contrôle de l'extension des fonctionnalités



L'utilisation est assez simple puisqu'elle propose de choisir la couche de la grille de discrétisation à parcourir (1) en fonction de l'objet considéré (2), l'action appliquée lors du défilement (3) et enfin l'action spéciale appliquée sur l'objet considéré (4).

Source : QGIS

Catégorisation

- 10 Nous cherchons à identifier des objets qui puissent être interprétés comme des indicateurs des pressions induites par l'homme et qui sont identifiables sur une vue aérienne. Dans ce cas d'étude, où les activités touristiques et de pêche sont dominantes, nous avons dénombré les objets suivants : parasols, piscines, infrastructures hôtelières (quatre catégories de taille d'hôtels : petits, moyens, grands et très grands), engins de pêche (filets déployés et enclos à poissons) et bateaux. En effet, les parasols, les piscines et les infrastructures hôtelières peuvent constituer un indicateur de la pression anthropique induite par le tourisme. Les infrastructures hôtelières sont subdivisées en catégories de taille afin de mieux décrire l'intensité potentielle de la pression créée par l'activité touristique (fig. 4).

Figure 4. Différence de taille entre deux infrastructures touristiques

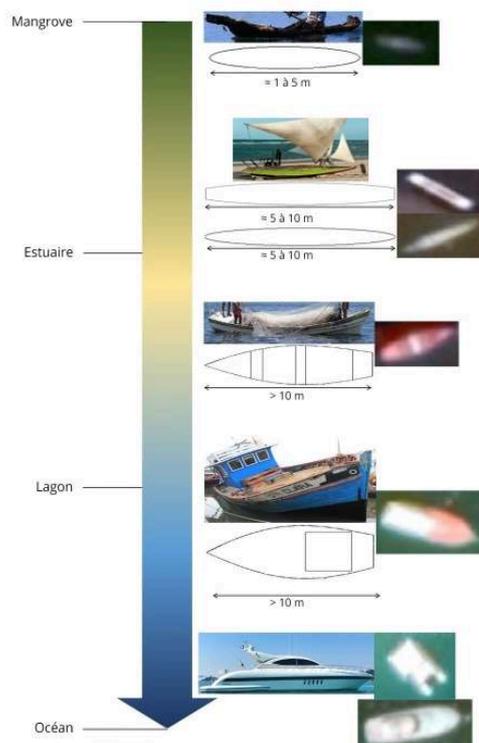


La plus grande observée (panneau de gauche) contre la plus petite (panneau de droite, encerclé en rouge).

Source : Google Earth

- 11 En ce qui concerne les bateaux, un premier niveau de catégorie distingue l'usage auquel ils sont probablement dévolus (tourisme ou pêche) et un second niveau de catégorie classe les embarcations de pêche en fonction de leur taille : embarcation de pêche de type canoë (« *Canoa* », non motorisée), embarcation de pêche de type radeau (« *Jangada* », possiblement motorisée, mais de faible puissance et hors-bord), embarcation de pêche motorisée (moteur *inboard*, pontée ou non), et enfin les embarcations à vocation touristique. Comme le montre la figure 5, chaque catégorie d'embarcation a une forme particulière reconnaissable sur les images aériennes. Les « *Canoa* » se distinguent des « *Jangada* » par leur taille, les premières étant plus petites que les secondes. De plus, lorsqu'il y a un doute entre deux catégories, entre les deux types de moteur par exemple, c'est l'environnement dans lequel le bateau est situé qui nous permet de déterminer sa catégorie. En effet, les embarcations motorisées, mais non pontées se trouvent presque exclusivement dans les environnements de mangrove et d'estuaire, alors que les embarcations motorisées et pontées se trouvent le plus souvent dans la lagune ou en mer.

Figure 5. Illustration des cinq catégories d'embarcations et des environnements auxquels elles sont le plus souvent associées



Pour chacune d'elles, une photo du bateau (en haut à gauche), une représentation schématique avec les détails importants pour sa reconnaissance (en bas à gauche) et une capture d'écran de leur apparence sur les images GE (à droite).

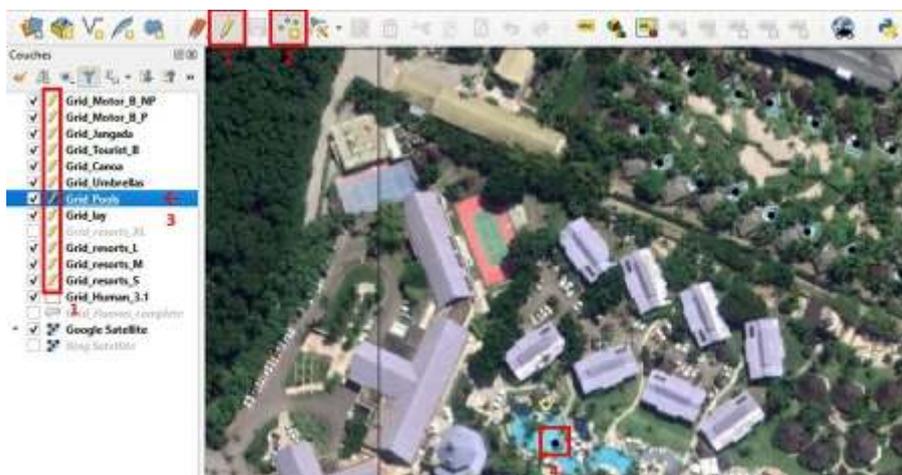
De haut en bas : « *Canoa* », « *Jangada* » (du sud de l'État en haut et du nord en bas), embarcation motorisée non pontée, embarcation motorisée pontée et bateau de tourisme.

Source : A. Giorgis

Dénombrement

- 12 Les éléments à dénombrer étant identifiés, il s'agit maintenant de réaliser la partie la plus fastidieuse du travail qui consiste à pointer et à cliquer sur chaque élément considéré dans chaque unité de la grille. QGIS dénombre ensuite automatiquement les caractéristiques pointées et fournit un résultat sous forme de tableau. Cette approche « pointer-cliquer » permet une transparence et une traçabilité visuelles qui, espérons-le, autoriseront de futures améliorations et possibles corrections.
- 13 Cette méthode est rendue possible grâce à deux fonctionnalités de QGIS. Tout d'abord, une fonctionnalité permet la modification de plusieurs couches en même temps et l'automatisation d'une partie essentielle du comptage. La première fonctionnalité permet que toutes les couches soient mises en mode édition en même temps (cf. le bouton 1 de la figure 6). Pour cela, il suffit à l'opérateur de cliquer sur le bouton « Ajouter une entité de point » (cf. 2 de la figure 6), de sélectionner la couche correspondant à l'entité à ajouter et de cliquer sur l'entité en question (cf. 3 et 4 de la figure 6).

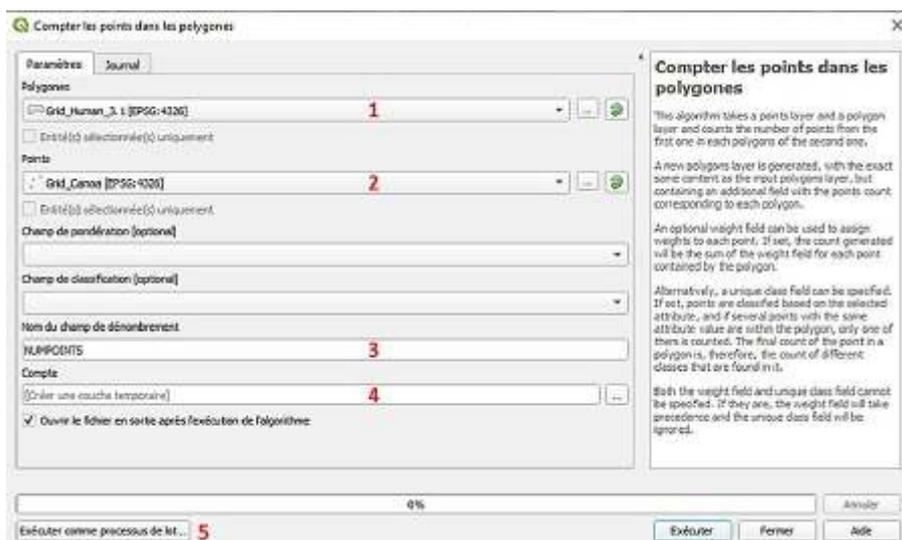
Figure 6. Capture d'écran de la zone de comptage et application de la méthode « pointer-cliquer »



- (1) Toutes les couches sont mises en mode édition en même temps
 - (2) L'opérateur n'a plus qu'à cliquer sur le bouton « Ajouter une entité ponctuelle »
 - (3) Sélectionner la couche correspondant à l'entité à ajouter et (4) cliquer sur l'entité considérée.
- Source : QGIS

- 14 Ensuite, une autre fonctionnalité est basée sur la fonction « Compter les points dans les polygones », qui est un programme Python, proposé dans l'onglet « Vecteur » de QGIS. Cette fonctionnalité rend automatique le comptage des points résultants du « pointer-cliquer » (fig. 7), ce qui serait sinon une tâche très longue. Cette procédure dépend évidemment de la création d'une couche pour chaque catégorie de pression anthropique, détaillée dans la section précédente.

Figure 7. Panneau de contrôle de la fonctionnalité « Comptage de points dans les polygones »



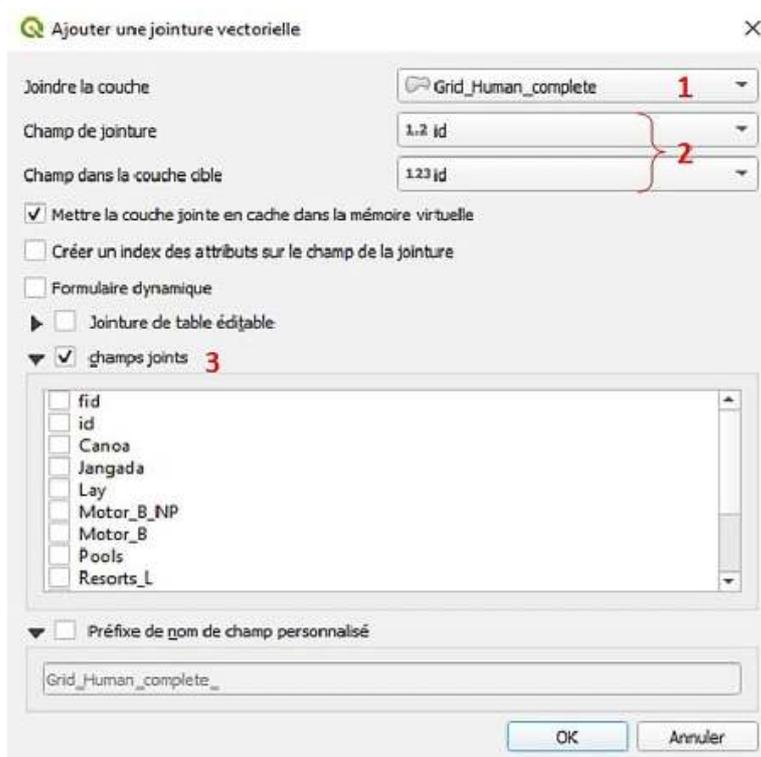
- (1) Couche contenant les polygones
- (2) Couche avec les entités à compter
- (3) Nom choisi du champ de la table d'attributs sur la future couche
- (4) Nom de cette nouvelle couche

Si le comptage doit être effectué sur un grand nombre de couches, il est possible d'exécuter l'algorithme en mode « par lot » (5).

Source : QGIS

- 15 Dès que chaque pixel de la grille de discrétisation a été scanné, le programme de « comptage des points dans les polygones » est lancé pour chaque couche d'objets. QGIS ajoute alors une nouvelle colonne dans sa table d'attributs avec le nombre de points dans chaque pixel. Enfin, pour centraliser tous les comptages, chaque colonne de comptage de chaque couche d'éléments est incluse dans la table d'attributs de la grille de comptage en utilisant la fonctionnalité « Joint vectoriel » de QGIS (fig. 8).

Figure 8. Panneau de contrôle de la fonctionnalité « joint vectoriel »



Sélectionnez la couche à relier (1), remplissez le champ de liaison (2), celui-ci doit contenir le même format de données (nom, numéro, etc.) dans les deux couches, mais ne doit pas avoir le même nom de champ. Il est ensuite possible de sélectionner les champs à lier (3).

Source : QGIS

Indicateurs de pressions anthropiques

- 16 Dans cette section, nous présentons comment nous calculons les indices de pressions anthropiques (ici liés à la pression de la pêche et du tourisme) à partir du comptage d'objets le long du littoral du Pernambouc.

Idée générale

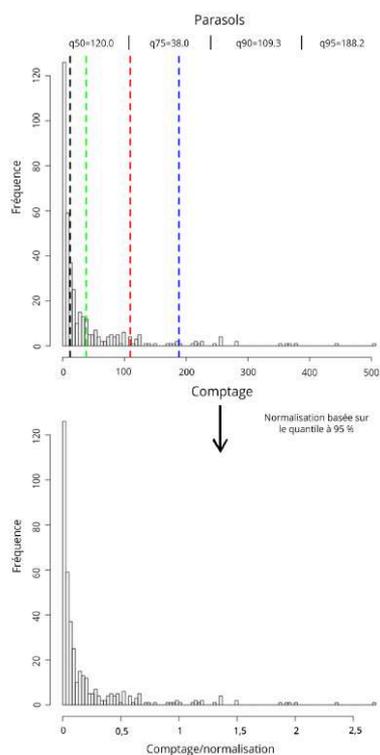
- 17 La principale difficulté que nous avons rencontrée est la disparité observable entre les valeurs de comptage obtenues dans chaque pixel pour une catégorie donnée et entre les catégories elles-mêmes. Par exemple, dans la catégorie « parasols », la plupart des valeurs sont de moins de 100 occurrences par pixel alors que quelques valeurs peuvent atteindre 500 occurrences. La catégorie « infrastructures extra-larges » est loin de ce nombre d'occurrences par pixel, car elle ne représente que 48 objets au total. Par

conséquent, de telles disparités empêchent une normalisation avec la valeur maximale de la distribution. Nous avons donc décidé de représenter la distribution de l'histogramme de chaque comptage (non spatialisé) afin d'en permettre un examen plus approfondi. Nous avons ainsi déterminé qu'il était plus judicieux de normaliser les résultats en se basant sur le quantile à 95 % de valeurs non nulles de chaque catégorie (fig. 9). Nous avons supprimé les valeurs nulles parce que c'est logiquement la valeur la plus représentée dans le comptage, mais qu'elle n'est pas significative en ce qui concerne les occurrences de la catégorie. La normalisation étant effectuée, chaque type d'objet dénombré est devenu comparable et a donc pu être inclus dans une somme pondérée. Il s'agissait alors de trouver une formule adéquate en tenant compte du fait que chaque catégorie ne contribue pas de manière égale à la pression anthropique sur l'environnement. Afin de représenter les effets non équilibrés, des poids relatifs ajustables ont été attribués à chaque catégorie, qui peuvent être exprimés comme suit :

$$Index = \sum_{i=1}^n \omega_i \frac{x_i}{q_{95\%}(x)}$$

- 18 Sur cette base de calcul, nous pouvons fournir une carte de densité globale (fig. 10) de la pression anthropique. Ces couleurs vont du blanc au jaune, à l'orange et au rouge. L'échelle est calculée par rapport au pixel ayant la valeur d'indice la plus élevée. En bref, le pixel rouge représente une pression maximale, le jaune/orange une pression modérée et le blanc signifie qu'aucune pression n'est identifiée.

Figure 9. Distributions des histogrammes « parasols » avant (en haut) et après (en bas) la normalisation basée sur un quantile à 95 %



Les lignes verticales noires, vertes, rouges et bleues représentent respectivement une distribution de 50 %, 75 %, 90 % et 95 % de quantiles de valeurs d'histogramme de comptage non nulles.

Source : A. Brunel, A. Giorgis, N. Bente, G. Domalain, S. Lanco Bertrand

Figure 10. Un exemple de conversion de données de comptage brutes (à gauche) en pixels colorés basé sur le calcul de l'indice du tourisme (à droite)



Dans le panneau de gauche, chaque symbole (carré coloré, étoile, rond, etc.) représente une entité appartenant aux catégories incluses dans le calcul de l'indice de pression touristique. Dans le panneau de droite, la carte de densité des pixels environnants obtenue par le calcul de notre algorithme. Elle montre en particulier un pixel où la pression touristique est assez élevée, ce qui peut s'expliquer par le grand nombre d'objets différents contribuant à la pression touristique.

Source : Google Earth

Activités de pêche

- 19 Une méthodologie similaire à celle développée ci-dessus peut être appliquée pour dériver un indice de pression de pêche basé sur les comptages des différents types d'embarcations (pour une source de données alternative sur le suivi des embarcations, voir l'encadré 1). À titre d'illustration, nous proposons la formule suivante à appliquer successivement à chaque pixel de la grille pour calculer un indice global, par pixel, de la pression de pêche :

$$\begin{aligned}
 & 0,3 \times \frac{\text{Nombre de canoës}}{Q95 \text{ des canoës}} + 0,7 \times \frac{\text{Nombre de Jangadas}}{Q95 \text{ des Jangadas}} + 0,05 \\
 & \times \frac{\text{Nombre d'engins de pêche}}{Q95 \text{ des engins de pêche}} \\
 & + \frac{\text{Nombre d'embarcations motorisées et pontées}}{Q95 \text{ des embarcations motorisées et pontées}} + 0,7 \\
 & \times \frac{\text{Nombre d'embarcations motorisées et non pontées}}{Q95 \text{ des embarcations motorisées et non pontées}}
 \end{aligned}$$

- 20 En l'absence de critère halieutique objectif pour pondérer ces différentes catégories pour le présent travail, nous avons choisi une pondération permettant simplement d'optimiser la représentation graphique de l'indice global. Ce choix pragmatique peut toutefois être facilement modifié par un équilibre différent des poids si des critères objectifs d'autres natures venaient à être identifiés par les experts de la thématique « pêche ».

Encadré 1. Comment les données du système d'identification automatique peuvent-elles être utilisées pour la planification de l'espace maritime ?

Matthieu LE TIXERANT

Si l'intérêt du concept de planification spatiale maritime (PSM) est désormais admis et le cadre législatif établi, sa mise en application opérationnelle reste parfois délicate. Une des clés du succès est de disposer de données probantes. Le déroulement spatio-temporel des usages maritimes et les interactions conflictuelles ou synergiques entre activités constituent des éléments de connaissance indispensables, mais particulièrement délicats à obtenir en milieu marin. Il en résulte que ce type d'information est souvent le maillon faible des systèmes d'information développés par les acteurs maritimes.

Depuis 2002, l'*Automatic identification system* (AIS) fait l'objet d'importants développements. Permettant une géolocalisation et une identification en temps réel des navires équipés, les données issues de ce système sont prometteuses pour caractériser certaines activités humaines en mer. En effet, la mise à disposition relativement récente de données archivées couvrant la quasi-totalité des mers côtières et hauturières grâce au développement de l'AIS satellitaire constitue une ressource très utile dans le domaine de l'océanographie opérationnelle. L'analyse de données issues de l'AIS renseigne la distribution spatiale et temporelle des activités de navigation ou de pêche maritime. Les données issues de ce système

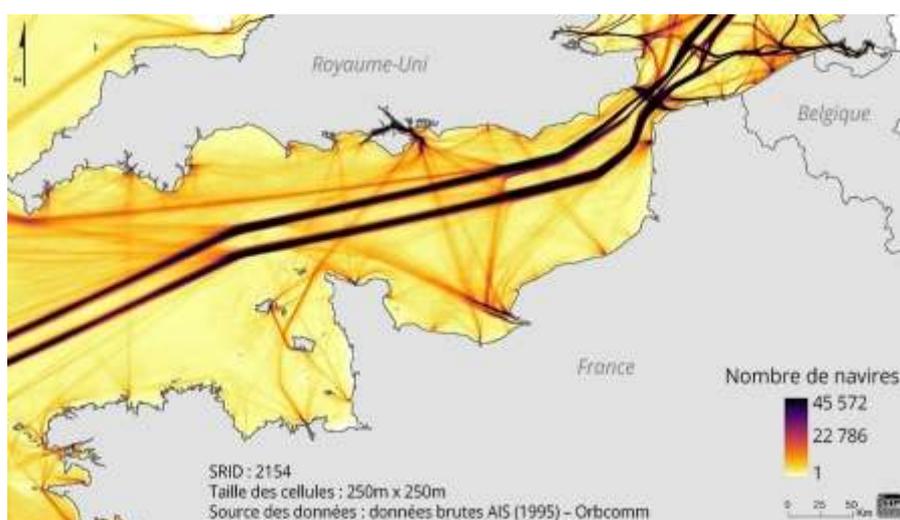
sont de plus en plus exploitées dans le cadre d'applications spécifiques telles que la détection des risques de collision, le suivi du comportement des navires en temps réel, l'aide à la gestion et à la surveillance des pêches, l'évaluation des risques liés aux infrastructures (câbles sous-marins, ports, centrales nucléaires littorales, etc.), l'estimation des courants marins, la mesure d'émission de pollutions chimiques ou sonores générées par le trafic maritime. Cette information spatio-temporelle relative aux activités maritimes peut également être associée à des indicateurs socio-économiques qui revêtent une importance significative pour la PSM. Dans le cadre du projet Paddle, des travaux ont été menés afin d'évaluer les usages actuels de l'AIS pour la PSM au niveau européen puis de présenter synthétiquement une série de méthodes et de résultats obtenus dans le cadre de plusieurs projets de recherche opérationnelle. L'objectif est d'illustrer comment le traitement et l'analyse des données de l'AIS peuvent produire des informations adaptées à la PSM : densité du trafic maritime (fig. 11), couloirs et flux de navigation, réseau hiérarchisé des routes maritimes, zones supposées en pêche, interactions spatio-temporelles entre activités (conflits d'usage ou synergies potentielles entre activités). Les principales questions juridiques relatives à l'utilisation de l'AIS (accès à une donnée non anonymisée en principe réservée à des services publics dans un objectif de sûreté, de surveillance et de contrôle, utilisation de données personnelles, confidentialité commerciale) ont également été abordées.

Pour en savoir plus

LE TIXERANT M., LE GUYADER D., GOURMELON F., QUEFFELEC B., 2018

How can Automatic identification system (AIS) data be used for maritime spatial planning? *Ocean & Coastal Management*, 166 : 18-30.

Figure 11. Exemple de carte présentant l'intensité du trafic maritime à partir de données AIS en nombre de trajectoires par pixel (année 2015, tous types de navire)



Source : Terra Maris/D. Le Guyader, 2017

Tourisme

- 21 De même, nous calculons un indice de pression touristique selon la formule ci-dessous appliquée à chaque pixel du littoral du Pernambouc :

$$\begin{aligned}
 & 0,05 \times \frac{\text{Nombre de piscines}}{Q95 \text{ des piscines}} + \frac{\text{Nombre de petits hôtels}}{Q95 \text{ des petits hôtels}} \\
 & + \frac{\text{Nombre d'hôtels moyens}}{Q95 \text{ des hôtels moyens}} \\
 & + \frac{\text{Nombre de grands hôtels}}{Q95 \text{ des grands hôtels}} + \frac{\text{Nombre de très grands hôtels}}{Q95 \text{ des très grands hôtels}} \\
 & + 0,5 \times \frac{\text{Nombre d'embarcations de tourisme}}{Q95 \text{ des embarcations de tourisme}} + 0,7 \\
 & \times \frac{\text{Nombre de parasols}}{Q95 \text{ des parasols}}
 \end{aligned}$$

- 22 Les poids relatifs ont ici aussi été choisis à titre illustratif, pour optimiser la représentation graphique de l'indice global. Ce choix pragmatique peut toutefois être facilement modifié par un équilibre différent des poids si des critères objectifs d'autres natures venaient à être identifiés par les experts de la thématique « tourisme ».

Résultats

- 23 L'algorithme utilisé pour le calcul des indices de pression vise à produire deux types de fichiers : un fichier contenant des comptages bruts par pixel ; des cartes des indices de pression liés à la pêche et au tourisme.

Comptages

- 24 Les tableaux d'objets pour chaque couche de comptage, ainsi qu'une couche de bilan, ont été exportés au format CSV (*Coma Separated Values*, format texte avec la virgule ou le point-virgule comme séparateur), choisi en raison de sa nature générique. Ce format facilite en effet le partage, le stockage et la manipulation, que ce soit avec Excel, mais aussi avec nos routines QGIS. En outre, la routine utilisée pour générer les cartes de pression anthropique actuelles liées à la pêche et au tourisme (cf. section précédente) peut également créer des cartes de densité des données de comptage brutes. Un total de 33 832 objets, situés tout au long du littoral du Pernambouc, ont été dénombrés et classés dans les différentes catégories décrites dans la section précédente et présentées dans le tableau 1.

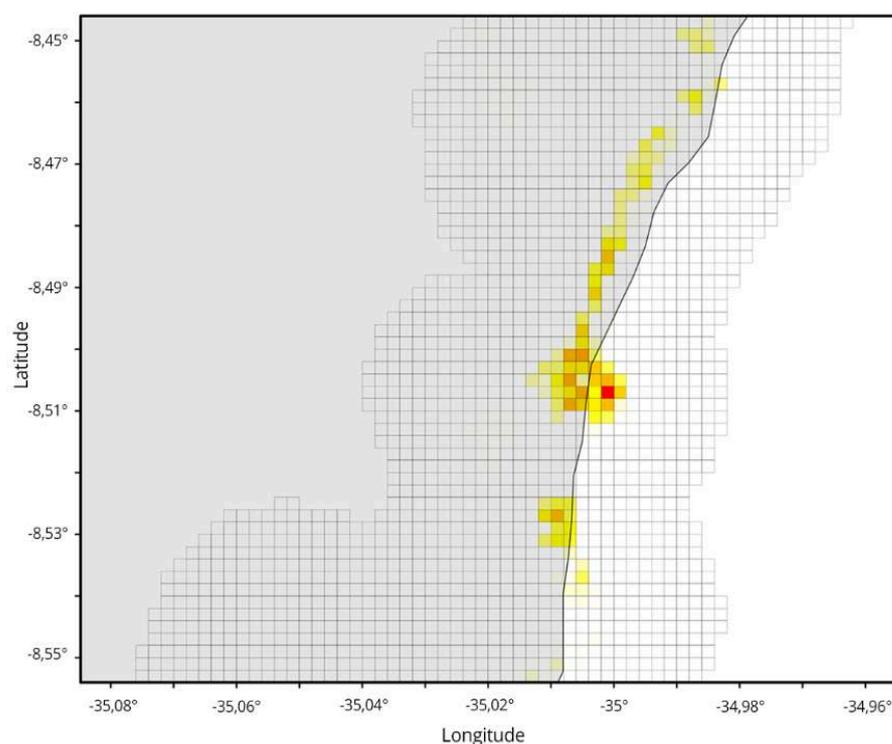
Tableau 1. Objets dénombrés par catégories

Catégorie	Nombre total d'objets
Tourisme	31 228
Piscines	12 920
Petits hôtels	158
Moyens hôtels	802
Grands hôtels	243
Très grands hôtels	46
Embarcations de tourisme	1 810
Parasols	15 249
Pêche	2 604
Canoës	518
Jangadas	1 199
Engins de pêche	13
Embarcations motorisées et pontées	458
Embarcations motorisées et non pontées	416

Cartes des indices de pressions

- 25 En examinant la carte des pressions liées au tourisme, on peut observer une distribution linéaire et zonale le long du littoral au sud de la carte (fig. 12). La présence de nombreux pixels colorés collés les uns aux autres coïncide avec l'emplacement des principales villes de l'État fédéral, comme sa capitale, Recife, ou encore la station balnéaire de Maracaïpe. En outre, les grandes zones blanches au nord de la carte chevauchent celles où les mangroves constituent l'environnement dominant. Nous sommes donc confrontés à une pression localisée, qui concentre ses impacts sur une petite zone qui peut être identifiée par des grappes de pixels rouges ou oranges entourées de pixels jaunes (fig. 12).

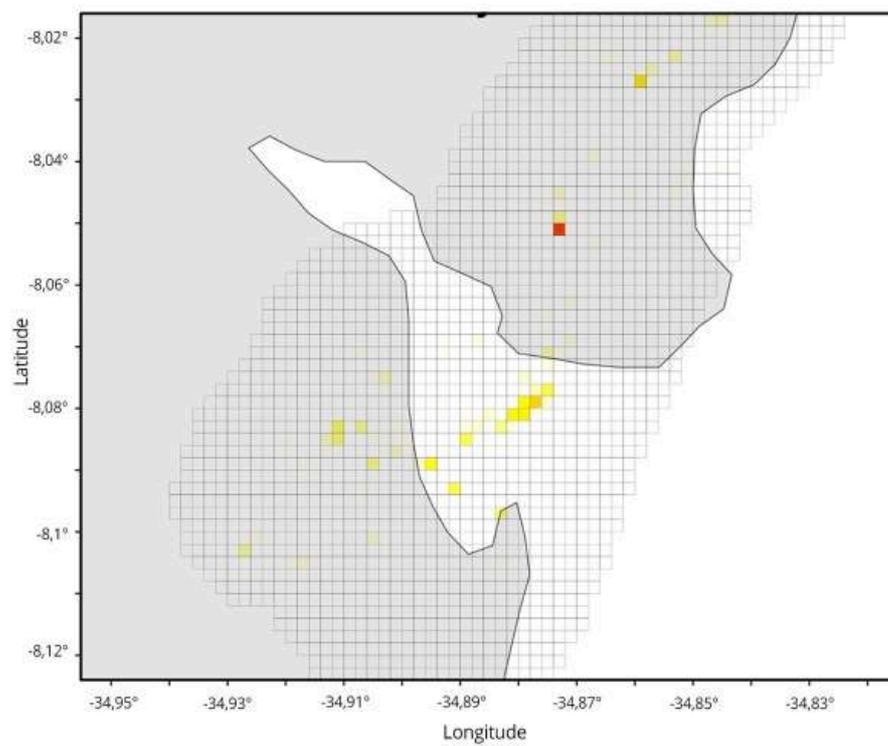
Figure 12. Extrait d'une carte résultant du calcul d'un indice de pression liée au tourisme



Le pixel rouge correspond à la localisation de la ville de Maracaïpe. Les pixels jaunes sont disposés concentriquement autour d'un pixel rouge, ce qui montre une pression forte et localisée.
 Source : A. Brunel, A. Giorgis, N. Bente, G. Domalain, S. Lanco Bertrand

- 26 Dans le cas de la pêche, la tendance observée est très différente, voire inverse. En effet, la pression n'est pas concentrée autour des villes comme pour le tourisme. On observe plutôt des pixels jaunes répartis dans tous les milieux, du nord au sud (fig. 14). Si certaines zones d'impact sont les mêmes que celles liées au tourisme, l'impact y est beaucoup moins important. Il s'agit donc ici d'une pression de distribution diffuse (fig. 13), c'est-à-dire qu'elle s'exerce de façon faible à modérée sur tous les milieux, tant dans les écosystèmes de type lagunaire que dans les écosystèmes de type mangrove.

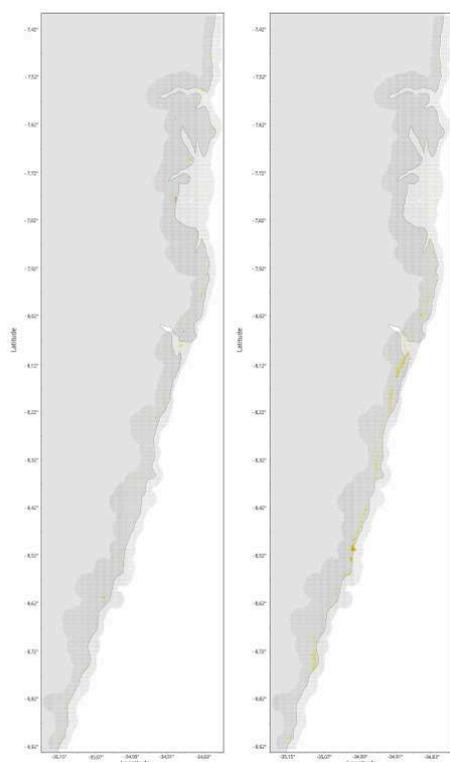
Figure 13. Extrait d'une carte résultant du calcul d'un indice de pression lié à la pêche



Les pixels colorés dans les terres sont en réalité dus au manque de détail de trait de côte qui ne représente pas les petits estuaires.

Source : A. Brunel, A. Giorgis, N. Bente, G. Domalain, S. Lanco Bertrand

Figure 14. Cartes complètes des indices de pression de pêche (à gauche) et de tourisme (à droite)



Source : A. Brunel, A. Giorgis, N. Bente, G. Domalain, S. Lanco Bertrand

Discussion

- 27 Dans cette section, nous examinons les limites de l'approche proposée ici, les messages clés à retenir et proposons des conseils sur les améliorations futures possibles.

Limites de l'approche

- 28 Tout d'abord, lors de la réalisation des dénombrements, des problèmes de temporalité ont été observés. En effet, les images satellites optiques sont sélectionnées de manière à minimiser la couverture nuageuse. Cette sélection, bien que nécessaire, crée des zones dans lesquelles deux images proches peuvent correspondre à des saisons différentes. Cela peut introduire un biais notable dans nos comptages, comme cela est le cas par exemple pour les parasols, dont le déploiement sur les plages est fortement dépendant de la saison. Ce biais dans les données de dénombrement est particulièrement saillant dans la ville de Recife où nous observons une bi-saisonnalité dans les comptages de parasols. Pour remédier à ce problème, on pourrait envisager d'affecter un facteur de pondération interne à la catégorie « parasols » qui reflète, pour chaque image, la saison à laquelle elle a été prise.
- 29 Ensuite, l'utilisation d'images optiques comptabilise des objets statiques, intéressants pour évaluer l'emprise spatiale des infrastructures et engins liés aux activités humaines, mais ne constituant qu'une approximation ou un indicateur des usages effectifs des espaces marins. Pour déduire de ces indicateurs de présence de différentes activités des estimations des usages des espaces, il sera nécessaire de formuler des

hypothèses diverses, par exemple : quel est le rayon d'action moyen d'un canoë, d'une jangada ou des différentes embarcations motorisées ? Quelles sont les zones les plus fréquentées par les embarcations de tourisme et pour quel type d'activité (promenade, plongée, pêche récréative, etc.) ? Quel est le taux moyen de remplissage des différentes catégories d'hôtels en fonction des saisons ? Quel est le pourcentage de touristes qui entreprennent effectivement des activités en mer ? etc. Ces hypothèses pourront ensuite permettre d'estimer, à une résolution plus basse que celle des comptages, mais toutefois spatialement explicite, les zones où se déploient les différentes activités humaines en mer. On pourra, par exemple, estimer l'intensité des impacts anthropiques dans le paysage marin, en adoptant une approche basée sur les centres de gravité et qui combine les objets ici dénombrés et l'accessibilité à différentes zones en mer comme proposé par CINNER *et al.* (2018).

- 30 Enfin, pour élaborer des indicateurs des pressions de pêche ou de tourisme à partir du comptage de différents objets, nous avons en quelque sorte été amenés à « mélanger des pommes et des poires ». Pour compenser en partie les effets variables des différents objets sur l'occupation de l'espace en mer, nous avons proposé d'introduire des poids de pondération lors de leur intégration sous forme d'indicateur global de pêche ou d'activité touristique. On perçoit bien que cette pondération est tout sauf anodine dans le résultat final, et qu'elle devrait donc faire l'objet de concertation entre les experts et usagers des espaces marins, afin de représenter au mieux une réalité de terrain. Idéalement, une étude de sensibilité des cartes de pressions produites à ces facteurs de pondération devrait être systématiquement conduite et ouverte à discussions.

À retenir de ce travail

- 31 À la lumière des éléments exposés précédemment, nous pouvons conclure que :
- L'association QGIS et Google Earth peut fournir des informations pertinentes basées sur des données gratuites, de couverture mondiale, ce qui est particulièrement précieux dans un contexte pauvre en données.
 - Il est possible de créer une base de données spatialement explicites, qui soit traçable, reproductible, facile à partager et capable d'alimenter des scénarios de planification spatiale marine (et des études d'impact prospectives, cf. encadré 2).
 - Ces travaux dépendent fortement de la résolution et de la temporalité des images satellites, ainsi que du choix des objets à dénombrer, de leurs pondérations respectives, et des hypothèses utilisées pour en déduire les usages des espaces marins.

Encadré 2. L'étude d'impact, un outil pour prendre en compte l'environnement dans la PSM

Philippe FOTSO

En droit international de l'environnement, deux mesures concrètes se sont progressivement installées comme des outils transversaux constituant le système procédural de la protection de l'environnement : l'étude d'impact environnemental (EIE) et la participation du public en matière d'environnement. Elles suscitent, par les mesures et les modalités qu'elles érigent, un cadre procédural de la protection de l'environnement. La réalisation d'une étude d'impact environnementale est l'occasion de vérifier la faisabilité et de prévoir en amont les modalités d'évitement et de réduction des conséquences d'une activité

sur l'environnement. On distingue deux formes d'EIE : (1) une étude d'impact dite « classique » ou « opérationnelle », c'est-à-dire qui concerne des travaux ou des ouvrages d'aménagement spécifiques, et (2) l'étude d'impact stratégique ou évaluation environnementale stratégique (EES), qui est relative aux plans et aux programmes. L'EES est le processus formalisé, systématique et exhaustif d'identification et d'évaluation des conséquences sur l'environnement des politiques, plans ou programmes proposés pour s'assurer qu'ils sont totalement inclus et abordés de manière appropriée au stade le plus anticipé possible de la prise de décision au niveau des considérations économiques et sociales (SADLER, 1996).

La première consécration juridique en tant qu'objet du droit international de l'EIE est parvenue avec la Convention d'Espoo sur l'évaluation de l'impact sur l'environnement dans un contexte transfrontalier. Le Protocole à la Convention d'Espoo, dénommé « Protocole de Kiev », consacre un cadre juridique pour l'EES. Au Cabo Verde, comme au Brésil, il n'existe à l'heure actuelle aucun instrument formel relatif à l'EES. L'EIE traditionnelle, en tant que mesure traditionnelle du droit de l'environnement, est régie par les lois-cadres sur l'environnement ; elle est consacrée dans la loi fondamentale. Au Sénégal, la loi de 2001 portant Code de l'environnement consacre dans son chapitre V relatif à l'étude d'impact, une section spécifique à l'EES. Tout comme l'EIE traditionnelle, le régime d'application de cette mesure relève du domaine réglementaire. Le cadre réglementaire n'est malheureusement pas encore adopté (FOTSO, 2019).

Pour en savoir plus

SADLER B., 1996

Environmental assessment in a changing world. Evaluating practice to improve performance-final report. Québec, Canadian Environmental Assessment Agency, 248 p.

FOTSO P., 2019

Les conditions juridiques d'intégration environnementale dans la planification spatiale marine (PSM). Analyse d'opportunité de diffusion d'un processus public en Atlantique tropicale (Cap-Vert, Sénégal et Brésil), à l'aune de l'expérience de l'Union européenne (UE). Thèse de doctorat en droit, Brest, université de Bretagne occidentale, 424 p.

Travaux futurs

32 Il est possible d'améliorer l'approche proposée ici suivant différentes lignes directrices :

- Utiliser d'autres bases de données décrivant plus précisément la pression anthropique. À titre d'exemple, la base de données Airbnb pourrait fournir une information plus fine sur les différents objets « infrastructure touristique ».
- Les nouvelles images satellites et l'amélioration du traitement des images peuvent fournir une meilleure résolution d'image. Par exemple, le satellite Sentinel 1, utilisant une technologie radar à synthèse d'ouverture, offre la possibilité d'obtenir des images, quelle que soit la couverture nuageuse, et ce à une résolution de 10 m. Cela peut limiter les déphasages temporels entre deux images voisines.
- Des méthodes d'apprentissage profond (intelligence artificielle) pour le traitement des images pourraient constituer une approche pertinente pour automatiser la tâche de

comptage. Bien que cela semble tout à fait réalisable pour l'utilisation en mer grâce au fond bleu uniforme, cela semble plus difficile pour l'utilisation à terre.

- Comparer les cartes obtenues à partir d'images d'autres années afin de mieux appréhender la variabilité temporelle des activités anthropiques.

BIBLIOGRAPHIE

BRUNEL A., LANCO BERTRAND S., 2022

« Forces et faiblesses des outils d'aide à la décision : un exemple didactique sur l'archipel de Fernando de Noronha ». In Bonnin M., Lanco Bertrand S. (dir.) : *Planification spatiale marine en atlantique tropicale. De la tour de Babel à l'organisation d'une intelligence collective*. Montpellier, IRD Éditions.

CINNER J. E., MAIRE E., HUCHERY C., MACNEIL M. A., GRAHAM N. A. J., MORA C., MCCLANAHAN T. R., BARNES M. L., KITTINGER J. N., HICKS C. C., D'AGATA S., HOEY A. S., GURNEY G. G., FEARY D. A., WILLIAMS I. D., KULBICKI M., VIGLIOLA L., WANTIEZ L., EDGAR G. J., STUART-SMITH R. D., SANDIN H. S. A., GREEN A., HARDT M. J., BEGER M., FRIEDLANDER A. M., WILSON S. K., BROKOVICH E., BROOKS A. J., CRUZ-MOTTA J. J., BOOTH D. J., CHABANET P., GOUGH C., TUPPER M., FERSE S. C. A., SUMAILA U. R., PARDEDE S., MOUILLOT D., 2018

Gravity of human impacts mediates coral reef conservation gains. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115 (27) : E6116-E6125.

HANSEN M. C., DEFRIES R. S., TOWNSHEND J. R. G., SOHLBERG R., 2000

Global land cover classification at 1 km spatial resolution using a classification tree approach. *International Journal of Remote Sensing*, 21 : 1331-1364.

NOTES

1. QGIS : www.qgis.org/fr/site/ ; GE : www.google.fr/intl/fr/earth/

AUTEURS

ADRIEN BRUNEL

Mathématicien et statisticien pour l'écologie marine, Marbec, IRD, France.

ALESSANDRE GIORGIS

Écologue marin, Marbec, IRD, France.

NOÉ BENTE

Écologue marin, unité mixte de recherche « Marine biodiversity, exploitation and conservation »
(UMR Marbec), Institut de recherche pour le développement (IRD), France.

GILLES DOMALAIN

Écologue marin, IRD, Marbec, France.

SOPHIE LANCO BERTRAND

Écologue marin, Marbec, IRD, France.

Chapitre 13. Outils de gouvernance participative et délibérative pour la planification spatiale marine dans l'Atlantique tropical

Hilde Toonen, Pamela Backman-Vargas et Xander Keijser

Introduction

- 1 Au cours des deux dernières décennies, nous avons assisté à un tournant dans la gestion du milieu marin, accompagné de l'émergence d'approches écosystémiques (JAY *et al.*, 2013). La gestion basée sur les écosystèmes marins représente un changement vers une compréhension holistique de ces derniers, en tant que réseaux complexes et dynamiques d'interactions, incluant les hommes et l'utilisation anthropique de l'espace et des ressources océaniques, ainsi que la manière dont les processus physiques, biologiques et écologiques sont affectés (KATSANEVAKIS *et al.*, 2011 ; MAES, 2008). L'écosystème est considéré comme l'unité centrale (plutôt qu'une seule espèce, un seul problème ou un seul secteur économique), car il apporte une dimension spatiale, ouvrant ainsi la voie à l'essor de la planification spatiale marine (PSM) (JAY *et al.*, 2013). À ses débuts, la PSM a été considérée comme un outil prometteur pour gérer la conservation du milieu marin et répondre aux revendications croissantes des hommes sur cet espace, mais elle s'est vite avérée être bien plus qu'un simple outil de gestion (DOUVERE, 2008). La PSM est ainsi devenue une approche de premier plan pour coordonner les pratiques et les politiques visant à concilier les objectifs de conservation et de protection de l'environnement avec l'utilisation anthropique de l'espace maritime, en particulier dans les pays du Nord (JAY *et al.*, 2013).
- 2 L'Atlantique tropical se situe entre les 23,5° de latitude Nord et Sud ; il est bordé par l'Amérique latine et centrale à l'ouest, et l'Afrique à l'est (HOYLE et DUNCAN, 2019). Les écosystèmes tropicaux de l'Atlantique sont d'une importance capitale pour les

processus écologiques, biologiques et climatiques mondiaux et ils se caractérisent par une grande diversité biologique. De nombreuses populations dépendent, pour leur subsistance et leur bien-être au niveau local, des richesses et des services fournis par l'océan ainsi que des ressources côtières, en particulier la pêche à petite échelle et l'aquaculture/mariculture côtière, qui sont essentielles au bien-être des hommes et à la sécurité des moyens de subsistance des familles et des communautés (BÉNÉ, 2006). Le tourisme côtier est également considéré comme un service écosystémique important, une source de revenus conséquente pour les économies locales et nationales, mais aussi comme un élément essentiel pour améliorer la qualité de vie des populations concernées (ARKEMA *et al.*, 2015). En outre, les activités maritimes telles que la pêche, le transport maritime, l'exploitation pétrolière et gazière, l'exploitation minière (en haute mer), la production d'énergie renouvelable représentent une grande valeur économique (potentielle), et pas seulement pour les pays limitrophes. Par exemple, la stratégie Atlantique de l'Union européenne (UE) a des ambitions clairement affichées pour l'océan Atlantique, y compris sa partie tropicale, comme l'exploration durable des ressources naturelles des fonds marins (EUROPEAN COMMISSION, 2013).

- 3 Depuis l'émergence de la PSM, des lignes directrices, des études et des politiques, ont mis en évidence l'importance de la participation des parties prenantes, au-delà de l'implication « courante » des citoyens dans la prise de décision, comme, par exemple, par le biais d'élections dans les démocraties représentatives (FISCHER, 2009). L'UE avait déjà souligné la nécessité d'une telle participation dans sa feuille de route de 2008, et celle-ci est dorénavant ancrée dans sa directive sur la planification de l'espace maritime (2014/89/UE). Au niveau mondial, la participation est encouragée, notamment par le MSPGlobal, un groupe de travail international mis en place par la Commission océanographique intergouvernementale de l'Organisation des Nations unies pour l'éducation, la science et la culture (COI-Unesco) et l'UE. Le MSPGlobal souligne que la participation est l'une des clés d'un aménagement efficace de l'espace marin (COI-UNESCO, 2020a). En outre, les expériences de gestion intégrée des zones côtières (GIZC) ont montré que les utilisateurs des ressources ont souvent un vif intérêt à participer à la planification spatiale, car leurs moyens de subsistance et leur identité sont souvent étroitement liés aux lieux et espaces côtiers et marins (UN, 1992). Un utilisateur des ressources est un acteur important qui, dans sa définition classique, fait référence à « tout groupe ou individu qui peut influencer sur la réalisation de l'objectif de l'organisation ou en est affecté » (FREEMAN et MCVEA, 2001).
- 4 Outre les acteurs côtiers, un ensemble plus large d'acteurs ont un intérêt dans la (ré)organisation spatiale des côtes et des mers, tels que les industries/acteurs du marché et les organisations non gouvernementales (ONG). L'Atlantique tropical se divise en zones économiques exclusives (ZEE) et « haute mer ». C'est pourquoi l'Atlantique tropical préoccupe de nombreux acteurs différents, dans une interaction complexe à de multiples niveaux (TOONEN et VAN TATENHOVE, 2020). Les juridictions, telles que prescrites par la Convention des Nations unies sur le droit de la mer (UNCLOS), stipulent que l'autorité de l'État diminue au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la côte, ce qui implique que la collaboration internationale est essentielle, tant entre les gouvernements qu'avec les diverses parties prenantes non étatiques.
- 5 Si l'on s'intéresse à la PSM dans l'Atlantique tropical, il faut comprendre les modalités de participation des différentes parties prenantes. Améliorer cette compréhension a un intérêt (académique) en soi, mais cela est également nécessaire à la fois pour créer un

dialogue entre différentes disciplines et entre universitaires et décideurs politiques. Ce chapitre traitera de la manière dont certains outils peuvent appuyer les approches de gouvernance participative visant à concilier la conservation et l'utilisation de l'espace océanique. Toutefois, nous ne pouvons pas ignorer que « l'apport » supposé des démarches participatives est très critiqué dans la littérature des sciences sociales, notamment pour la PSM. La participation n'est pas facile à organiser, et il existe un risque réel que celle-ci, intentionnelle ou non, puisse rester symbolique (FLANNERY *et al.*, 2016 ; RITCHIE et ELLIS, 2010 ; SMITH et JENTOFT, 2017). Par exemple s'il n'y a pas de place pour une délibération attentive et significative au-delà des objectifs préétablis, cela pourrait être une limite à la gouvernance participative. Pour tenir compte de ces écueils (potentiels), notre approche de la gouvernance participative intègre des idées issues de la littérature sur la gouvernance délibérative.

- 6 Ce chapitre s'intéresse tout d'abord aux notions de gouvernance participative et délibérative. Ensuite, deux exemples d'outils, liés à nos contributions spécifiques au sein du projet « Planning in a liquid world with tropical stakes » (Paddle) sont développés : les jeux sérieux (*serious games*) et la cartographie participative dans les processus de PSM. Nous concluons par une discussion sur l'application (potentielle) de ces outils.

PSM, modes de gouvernance participative et délibérative

- 7 Afin de détailler les formes de gouvernance participative et délibérative, et ce qu'elles signifient pour la PSM dans les mers tropicales, il est important de clarifier notre conceptualisation de la PSM. Cette partie se base sur une définition analytique plutôt que politique, la PSM pouvant être identifiée à un outil de gouvernance marine. La gouvernance marine est définie comme « le partage des compétences en matière d'élaboration des politiques dans un système de négociation entre des institutions gouvernementales imbriquées à plusieurs niveaux [...] d'une part, et les acteurs étatiques, les parties prenantes et les organisations de la société civile d'autre part, afin de gérer les activités en mer et leurs conséquences » (VAN TATENHOVE, 2011). Cette définition appréhende la PSM non pas comme un processus en soi, mais comme une interaction complexe de pilotage, de négociation et de prise de décision à plusieurs niveaux (du local au global) par les autorités publiques et les organisations non étatiques (parties prenantes, ONG et organisations communautaires). Le rôle important de pilotage par les gouvernements est ici reconnu : les lois, les règlements, les politiques et les bureaucraties étatiques sont considérés comme des outils de gouvernance importants pour concilier l'utilisation humaine et la conservation de la nature par le biais de la PSM. En même temps, cette définition ne met pas nécessairement en avant le pilotage hiérarchique par l'État, mais elle permet de se concentrer sur d'autres approches pour (ré)organiser l'espace marin, soit dans le cadre d'efforts conjoints, soit par des acteurs non étatiques seuls (CALADO *et al.*, 2012 ; TOONEN et VAN TATENHOVE, 2020 ; KARNAD et MARTIN, 2020). Par conséquent, il est nécessaire d'envisager des formes de PSM pour lesquelles les gouvernements ne sont pas les seuls qui peuvent, ou devraient, prendre l'initiative d'organiser la participation.
- 8 Le besoin de participation à la PSM est souligné par de nombreux universitaires. Il est largement reconnu que les enjeux socio-économiques dans les zones côtières et

marines sont nombreux (cf. encadré 1). En effet, il existe une grande variété d'intérêts et d'ambitions (contradictoires) des parties prenantes issues de divers secteurs, des ONG, grandes et petites, et des communautés locales, et parfois des individus. En outre, la participation des parties prenantes aux processus décisionnels favorise l'efficacité et l'efficacité de la prise de décision (PAPADOPOULOS et WARIN, 2007 ; RONDINELLA *et al.*, 2017). La valeur démocratique de ces processus participatifs réside dans la tentative de réunir toutes les parties prenantes, qui souhaitent influencer l'élaboration des politiques à différents niveaux et qui détiennent des informations pertinentes (FUNG et WRIGHT, 2001). En participant, en influençant et en partageant des informations, les acteurs dominants sont identifiés ainsi que les compromis à faire et les conflits potentiels. Le consortium international de MSPGlobal en est bien conscient : « la raison la plus importante [d'impliquer les parties prenantes] est que la PSM vise à atteindre de multiples objectifs (sociaux, économiques et écologiques) et devrait donc refléter autant d'attentes, d'opportunités ou de conflits que possible dans la zone de la PSM » (COI-UNESCO, 2020b). Une approche participative permet également de créer un sentiment d'appartenance ; les parties prenantes seront alors plus disposées à assumer des responsabilités et à se conformer aux décisions prises si elles sont rassemblées autour d'un engagement commun (REED, 2008 ; FISCHER, 2009). MSPGlobal mentionne ainsi que la participation aide à « encourager "l'appropriation" du processus d'aménagement du territoire et du plan final, susciter la confiance des parties prenantes et des décideurs, et encourager le respect volontaire des règles et règlements » (COI-UNESCO, 2020b).

Encadré 1. L'importance de la participation du public dans la PSM

Philippe FOTSO

La participation permet d'associer le public à la prise de décision et contribue à l'efficacité, l'impartialité, la neutralité et l'objectivité de l'action publique. Dans la Déclaration fondatrice du droit de l'environnement de Stockholm de 1972, on retrouve déjà de manière latente l'idée de participation du public en matière environnementale avec le principe d'information et d'éducation citoyenne. Le principe 19 de cette déclaration rappelle en effet que l'une des manières d'éclairer l'opinion publique sur sa responsabilité en matière environnementale est de dispenser un enseignement et de fournir des informations sur la nécessité de protéger et d'améliorer l'environnement afin de permettre à l'homme de se développer. Si la participation n'y est pas spécifiquement évoquée, la proclamation d'un principe d'information citoyenne a pour effet d'améliorer les connaissances des citoyens sur les questions environnementales. Cette information permet aux citoyens de comprendre les décisions publiques. L'information est une première forme de participation passive du citoyen dans le processus décisionnel.

L'adoption de la Convention d'Aarhus sur l'accès à l'information, la participation du public au processus décisionnel et l'accès à la justice, traduit le principe de participation dans le droit positif et le pose comme une obligation juridique de mise en œuvre des projets ayant un impact sur l'environnement. Les États de l'Amérique latine et des Caraïbes, dont fait partie le Brésil, sont parvenus à l'adoption d'un Accord régional pour l'accès à l'information, la participation du public et la justice en matière environnementale. Cet accord n'est pas encore entré en vigueur et a été adopté le 4 mars 2018, à Escazu au Costa Rica.

À l'échelle régionale des États de l'Afrique de l'Ouest, l'instrument spécifique consacré à la participation du public en matière environnementale reste à créer. Les fondements juridiques de cette participation sont prévus dans les instruments sectoriels tels que la Convention de Maputo ou encore la Convention sur la diversité biologique. Ces instruments juridiques disparates posent, de manière différenciée, mais réelle, les bases de la participation du public en matière de plans et de programmes.

- 9 La participation n'est cependant pas facile à organiser, comme le souligne REED (2008, p. 2426) : « la qualité des décisions prises dans le cadre de la participation des parties prenantes dépend fortement de la nature du processus qui y conduit. Les défaillances de ce processus sont le plus souvent imputées aux échecs qui ont conduit à la désillusion dans la participation des parties prenantes ». MSPGlobal reconnaît également que la participation peut « mal fonctionner », en particulier si le moment et les modalités de la participation ne sont pas bien définis (COI-UNESCO, 2009 ; 2020a). Un inconvénient plus important des modes de gouvernance participative est qu'ils dépendent souvent d'une autorité responsable du processus et de l'obtention d'un résultat, ce qui limite la possibilité de voir apparaître des points de vue alternatifs, critiques ou radicalement différents (FLANNERY *et al.*, 2016). L'accent mis sur l'inclusion et l'engagement des parties prenantes rend le succès de la participation fortement dépendant des hypothèses selon lesquelles, par exemple, un objectif commun peut être formulé ou des règles claires définies. Si les parties prenantes ont des antécédents historiques, des capacités et des aptitudes très différents, et/ou des intérêts contradictoires, et/ou des visions du monde antagoniques, les attentes seront souvent irréalistes (DEWULF et ELBERS, 2018 ; FISCHER, 2009 ; OUNANIAN *et al.*, 2012). Le processus de participation est alors susceptible d'échouer, ce qui peut entraîner des résultats non désirés tels que des parties prenantes insatisfaites et désabusées qui ne seront alors ni désireuses ou ni motivées pour participer à nouveau (REED, 2008).
- 10 Les chercheurs en sciences sociales distinguent les modes de gouvernance participatifs et délibératifs (ESCOBAR, 2017 ; THOMPSON, 2008). Ces deux modes ne sont pas contradictoires, mais la gouvernance délibérative met davantage l'accent sur l'apport d'une expertise pertinente, qu'elle soit fondée sur la science ou sur la pratique et/ou qu'elle concerne des connaissances, des valeurs ou des émotions. Un processus de délibération est avant tout un processus de communication, de discussion, de réflexion et d'amélioration de la compréhension. Si l'objectif final est toujours de parvenir à une décision, l'objectif de départ est un « état de désaccord » (THOMPSON, 2008). La gouvernance délibérative n'est pas tant un processus inclusif en termes de personnes impliquées, mais un processus de communication basé sur l'égalité des voix (ESCOBAR, 2017). La conception d'un processus délibératif est cependant difficile. Par exemple, il peut exister de profondes différences culturelles sur la manière de gérer un désaccord, qui peuvent ne pas être évidentes au départ et qui sont difficiles à prendre en compte dans la conception du processus (THOMPSON, 2008).
- 11 Il est important de reconnaître que la participation et/ou la délibération ne peuvent pas être considérées comme la panacée pour résoudre des enjeux sociétaux et environnementaux importants, tels que les conflits spatiaux en mer. En outre, la conception des deux processus n'est ni simple ni directe. S'il ne faut pas négliger les contre-arguments, ceux en faveur de la participation font clairement ressortir la

nécessité de façonner les processus de PSM de manière à ce que les parties prenantes puissent s’y engager. Alors, comment pouvons-nous progresser au mieux dans la mise en place de processus participatifs et délibératifs dans le cadre de la PSM ? Pour répondre à cette question, nous avons développé deux outils spécifiques qui peuvent appuyer la participation et la délibération dans le processus de PSM : (1) les jeux sérieux (*serious game*), et (2) la cartographie participative utilisée dans le cadre d’une évaluation des écosystèmes basée sur l’art. Ces deux outils sont utilisés lors de l’atelier de conception, ce qui est une méthode largement utilisée dans la gouvernance participative (CHAMBERS, 2002). Les ateliers participatifs ont un objectif spécifique, orienté vers l’action. Les sciences sociales fournissent une riche littérature sur les méthodes et les outils participatifs, soulignant leurs forces et faiblesses, en termes de conception, d’applications et de résultats (pour en savoir plus, SIMONSEN et ROBERTSON, 2012 ; CHAMBERS, 2002). Ce chapitre présente ces deux outils que nous avons aidé à concevoir et qui ont été utilisés dans le cadre du projet Paddle. Ces deux exemples d’outils aident à clarifier les notions de gouvernance participative et délibérative, tout en donnant des informations pratiques pour les utiliser.

Un *serious game* : « MSP Challenge »

- 12 Notre premier outil est un jeu sérieux pour se confronter à la planification de l’espace maritime (PSM) : le « MSP Challenge ». Le développement de cet outil a été dicté par le besoin d’outils nouveaux et innovants pour aider à façonner les processus de concertation des parties prenantes dans la PSM. MSP Challenge est fondé sur des jeux de rôle pour faciliter la communication et l’apprentissage entre parties prenantes. Sa raison d’être repose sur l’idée que ces dernières ont besoin d’interagir, de pratiquer et d’expérimenter d’une manière qui ne peut être enseignée par des livres (ABSPOEL *et al.*, 2019 ; MORF *et al.*, 2014). Actuellement, MSP Challenge se compose de trois types de jeux sérieux différents : un jeu de rôle, un jeu de société et une plateforme de simulation numérique interactive (ABSPOEL *et al.*, 2019 ; MAYER *et al.*, 2013).
- 13 Le jeu de rôle a été développé en 2011 par des responsables politiques du ministère néerlandais de l’Infrastructure et de la Gestion de l’eau (dont le troisième auteur de ce chapitre, X. Keijser) et des concepteurs de jeux néerlandais (ABSPOEL *et al.*, 2019). Cette collaboration s’est avérée fructueuse, conduisant au développement d’un certain nombre de jeux de société et sur ordinateur. Ces différents jeux sont maintenant utilisés dans le monde entier lors d’ateliers, de conférences, de processus éducatifs et de concertation de parties prenantes (ABSPOEL *et al.*, 2019 ; KEIJSER *et al.*, 2017 ; MAYER *et al.*, 2013). Le jeu de société MSP Challenge a été présenté dans le cadre de l’initiative MSPGlobal. Celui-ci a été également utilisé dans le cadre du projet Paddle, lors de l’université d’été Paddle qui s’est tenue à Brest en septembre 2018 (co-animée par X. Keijser) (fig. 1). Il devait également être introduit et utilisé lors du séminaire Paddle à l’Assemblée nationale à Dakar prévu en mars 2020 (reporté jusqu’à nouvel ordre, en raison de la crise sanitaire liée à la Covid-19).

Figure 1. Utilisation du jeu de société « MSP Challenge » pendant l'université d'été du projet Paddle, Brest 2018.



© S. Hervé

- 14 Ce type de jeu de société et ses équivalents sur ordinateur sont des « *serious games* » qui ne sont pas conçus pour divertir. Les *serious games* sont en effet utilisés dans différents domaines et à des fins très diverses, comme, par exemple, pour recruter, enseigner ou acquérir des connaissances (DEN HAAN *et al.*, 2018). MAYER (2009) définit les *serious games* comme : « expéri(m)ent(i)aux, avec des environnements interactifs basés sur des règles, où les joueurs apprennent en prenant des décisions et en ressentant leurs effets grâce à des mécanismes de rétroaction délibérément intégrés dans et autour du jeu » (MAYER, 2009, p. 825). L'un des principaux avantages des *serious game* est qu'ils permettent aux joueurs de faire des expériences et des erreurs, de tester des scénarios et d'interagir les uns avec les autres dans un environnement sûr où les actions sont sans conséquences. Les *serious games* encouragent également la prise de conscience collective ; les joueurs peuvent réfléchir à ce qui se passe dans le jeu et à ce que cela signifierait dans une situation réelle (MAYER *et al.*, 2013).
- 15 De par sa conception, MSP Challenge est un jeu de stratégie de table qui permet aux joueurs d'expérimenter certaines des interactions dynamiques et complexes de la PSM. Ce jeu est conçu pour durer une à trois heures, et implique douze à trente joueurs. Il peut réunir des joueurs issus de différents milieux et cultures pour expérimenter un processus de PSM. Pendant le jeu, les joueurs discutent des options de planification et partagent des informations, des arguments et des histoires tirés de leurs propres expériences, afin d'élaborer conjointement un plan d'aménagement de l'espace maritime pour un bassin maritime fictif, tout en relevant les défis que pose la PSM en termes de langage, de communication et d'information (ABSPOEL *et al.*, 2019). MSP Challenge est un jeu générique, ses principes sont facilement reproductibles pour différentes régions maritimes ou politiques. Depuis 2016, plusieurs éditions de ce jeu de

société ont été développées, dont la dernière en date est « MSP Challenge #PSM Global edition », une version de voyage, plus légère, de MSP Challenge. Ce jeu a également été traduit en différentes langues, notamment en français, en italien, en portugais et en chinois (édition Bohai) (ABSPOEL *et al.*, 2019 ; KEIJSER *et al.*, 2018). MSP Challenge est centré sur des enjeux spatiaux dans un bassin maritime fictif appelé « mer de Rica » (fig. 1). Celle-ci est représentée sur un grand plateau (1,60 x 2,80 m) ; elle est partagée par trois pays : Bayland, Peninsuland et Island. Ces pays ont des profils différents avec des objectifs politiques de haut niveau concernant le développement futur de la mer de Rica. Dans chaque pays, les acteurs jouent les rôles de planificateurs maritimes, de protecteurs de la nature ou de représentants d'une industrie maritime tels que le transport maritime, la pêche, l'énergie, le tourisme et les loisirs. Les joueurs reçoivent quelques informations de base sur la mer de Rica et les objectifs politiques de haut niveau de leur pays. Au début du jeu, les sites d'intérêt, tels que les ports, les sites culturels et les zones importantes sur le plan écologique (par exemple, les zones de fret ou les zones ornithologiques), sont représentés par des jetons sur le plateau de jeu. Cependant, la plus grande partie de la zone maritime reste encore inexploitée et il appartient aux joueurs de développer davantage la mer de Rica (en plaçant divers jetons et en reliant des fils, fig. 1). Le jeu est animé par un modérateur et guidé par un « capitaine de jeu ». Ce dernier est un expert politique qui peut informer, décider ou intervenir sur les questions qui ne sont pas claires ou sur les situations qui découlent du scénario du jeu (ABSPOEL *et al.*, 2019 ; KEIJSER *et al.*, 2017, 2018).

- 16 Au début du jeu, les joueurs sont debout autour du plateau et le modérateur initie le jeu en précisant aux joueurs : « Développez ensemble la mer de Rica de sorte qu'à la fin du jeu, vous soyez tous à l'aise avec l'état de la mer de Rica et la façon dont vous l'avez développée ». En d'autres termes, les joueurs doivent élaborer une PSM de leur zone maritime en tenant compte des objectifs économiques, écologiques et sociaux. Bien que la manière de planifier dépende beaucoup des joueurs, l'objectif énoncé par le modérateur nécessite une attitude participative des joueurs en mettant en évidence deux objectifs : l'un orienté vers les résultats (« l'état de la mer de Rica ») et l'autre orienté vers le processus (« comment vous l'avez développé »). Après avoir brièvement abordé les règles, les défis et les objectifs du jeu, les joueurs commencent à jouer. Cette introduction rapide souligne que, pendant toute la durée du jeu, la « mer de Rica » constitue le monde des joueurs, et qu'ils sont responsables de ce qui s'y passe. Les joueurs commencent à planifier en plaçant des jetons et en plaçant les fils (fig. 2). Les jetons symbolisent toutes sortes d'activités humaines (par exemple, l'énergie éolienne, le pétrole et le gaz, la pêche) et de caractéristiques écologiques (par exemple, les zones de pêche, les frayères). Les fils représentent soit des infrastructures linéaires, telles que des câbles et des pipelines, soit divers types de navires (par exemple des cargos ou des ferries). Il appartient aux joueurs de décider quels jetons et quels fils placer sur le plateau. Au fur et à mesure que le jeu progresse, et que de plus en plus de jetons et de fils sont placés sur le plateau, les joueurs peuvent progressivement découvrir qu'ils se gênent mutuellement. Les joueurs doivent alors commencer à « réfléchir et à parler ensemble » des objectifs et des interactions entre les différentes activités et l'écosystème (ABSPOEL *et al.*, 2019 ; KEIJSER *et al.*, 2017, 2018).

Figure 2. Session du jeu de société « MSP Challenge », Tropical MSP Summer School, Brest 2018



© S. Hervé

- 17 L'animateur fait des pauses à certains moments du déroulement, pour discuter de l'évolution du jeu et des défis observés. Les joueurs qui ont le rôle de planificateur sont alors invités à expliquer brièvement la situation dans leur pays, et les parties prenantes à dire si elles sont satisfaites du processus de planification. Le capitaine de jeu pose des questions et informe les joueurs en se basant sur des expériences réelles de PSM. À la fin du jeu, le modérateur et le capitaine de jeu animent une discussion avec les joueurs, depuis leurs premières impressions jusqu'à des sujets plus complexes (« Que s'est-il passé de particulier et pourquoi ? » et « En quoi cela ressemble-t-il à la vie réelle ? ») (KEIJSER *et al.*, 2017, 2018).
- 18 Les développeurs ont également intégré une évaluation du jeu par les joueurs, afin d'assurer le suivi des expériences, des réussites et des incohérences rencontrées, et ainsi améliorer le jeu. Jusqu'à présent, MSP Challenge a été joué dans plus de 20 pays avec plus de 1 000 participants. Les réactions des joueurs lors de nombreuses sessions soulignent que l'approche « apprendre en faisant » (ou « apprendre en jouant ») est pertinente (ABSPOEL *et al.*, 2019 ; KEIJSER *et al.*, 2018). La plupart des participants, indépendamment de leur secteur ou de leur formation, apprécient l'expérience d'un « *serious game* ». Savoir si les participants comprennent mieux la PSM après avoir joué dépend des caractéristiques de la session (telles que la qualité de l'animation, le nombre de participants, la durée de la session et le jeu des acteurs) et des caractéristiques des participants (telles que leur niveau de familiarité avec la PSM) (KEIJSER *et al.*, 2017, 2018).
- 19 En général, le jeu de société est une activité particulièrement intéressante qui convient au plus grand nombre : planificateurs, parties prenantes et grand public. Par contre, d'après l'expérience des concepteurs, le jeu de simulation assisté par ordinateur peut être considéré comme un niveau supérieur qui convient mieux aux acteurs déjà impliqués dans la PSM. Le jeu de société et celui de simulation sont ainsi

complémentaires. Il existe actuellement plusieurs éditions de la plateforme de simulation de MSP Challenge (par exemple, les éditions de la mer du Nord, de la mer Baltique et de la région marine de Clyde)¹. Il n'existe pas (encore) d'édition qui se concentre sur les mers tropicales.

Cartographie participative, une évaluation qualitative des services des écosystèmes côtiers/marins basée sur l'art

- 20 Le deuxième outil décrit dans ce chapitre est la cartographie participative. Dans notre exemple, celle-ci est basée sur des méthodes artistiques combinées à une évaluation des services écosystémiques, plus précisément à la matrice d'évaluation développée par BURKHARD *et al.* (2009). Les services écosystémiques dans les zones côtières et marines contribuent au bien-être humain dans le monde entier. L'identification spatiale de ces services est importante pour la planification spatiale et la gestion environnementale (VIGERSTOL et AUKEMA, 2011). Cependant, la cartographie des services écosystémiques terrestres a suscité beaucoup plus d'attention dans la littérature, que celle des services écosystémiques côtiers et marins (NAHUELHUAL *et al.*, 2017). IVARSSON *et al.* (2017, p. 13) soulignent que « l'évaluation des services écosystémiques en relation avec les scénarios de planification de l'espace maritime (PSM) a le potentiel de façonner et de favoriser une compréhension commune de la gestion du développement maritime durable basée sur les écosystèmes ». Il existe une grande variété de méthodes de cartographie, ce qui rend complexe l'inclusion des valeurs économiques, écologiques et sociales dans les stratégies de gestion (MARTÍNEZ-HARMS et BALVANERA, 2012). Différentes méthodes de cartographie permettent ainsi (1) d'identifier la distribution spatiale des services écosystémiques liés aux changements d'utilisation des terres (BURKHARD *et al.*, 2012 ; REILLY *et al.*, 2018) et (2) de visualiser la dynamique des divers modèles de paysage et leurs relations avec l'offre et la demande de services écosystémiques (BURKHARD *et al.*, 2012 ; TROY et WILSON, 2006).
- 21 La matrice d'évaluation développée par BURKHARD *et al.* (2009) permet d'évaluer qualitativement la capacité du paysage à fournir des services écosystémiques. Celle-ci a servi de base à l'outil (développé par P. Bachmann-Vargas) utilisé pour le projet Paddle et qui a également servi lors de quatre ateliers (août 2019) à l'université fédérale de Pernambuco (Recife, Brésil). Des approches artistiques ont été incluses afin d'accorder l'attention nécessaire aux visualisations.
- 22 Des ateliers de deux heures se sont déroulés en cinq étapes. La première étape, l'introduction, dure environ 20 minutes. En fonction du public ciblé (débutants, avertis), cette phase d'introduction peut aborder différents concepts/applications en rapport avec les services des écosystèmes côtiers/marins et l'aménagement de l'espace marin². Quarante-sept étudiants de premier et de deuxième cycle en biologie et océanographie ont participé à ces ateliers à l'université fédérale de Pernambuco (fig. 3). L'objectif spécifique de ces ateliers était de leur présenter les concepts de services écosystémiques, de la matrice d'évaluation et de l'évaluation qualitative (par exemple, POTSCHIN et HAINES-YOUNG, 2016).

Figure 3. Étudiants de premier et de deuxième cycle participant aux ateliers sur l'évaluation qualitative des services des écosystèmes côtiers



© P. Bachmann-Vargas

- 23 Lors de la deuxième étape, les participants dessinent individuellement l'espace côtier/maritime pendant 20 minutes environ. Le dessin est considéré comme une méthode artistique de visualisation et de partage des perceptions individuelles et/ou collectives d'un phénomène social ou physique (MITCHELL *et al.*, 2011). Les dessins sont ici utilisés comme un moyen pour connaître la perception des participants de la zone côtière de l'État du Pernambouc. En termes d'analyse spatiale, les zones marines se dessinent difficilement en 3D, mais les participants sont encouragés à inclure dans leur dessin les différentes utilisations des terres sur des profils vertical et horizontal. Pour les aider, une liste provisoire des différentes catégories de la matrice d'évaluation (par exemple plage, végétation côtière, végétation benthique, zones de reproduction) peut être fournie. Les participants sont ensuite invités à partager leurs dessins et à approfondir leurs connaissances sur la zone géographique qui les intéresse. Ce moment de partage permet (1) de donner une signification commune à ce que les participants expriment au travers de leur dessin (MITCHELL *et al.*, 2011) et (2) de révéler dans quelle mesure, et de quelle manière, les participants perçoivent différemment le même paysage. Par exemple, certaines personnes auront tendance à représenter le paysage vu d'en haut, et d'autres frontalement ; certains dessineront très sommairement, tandis que d'autres de façon plus détaillée. Dans nos ateliers, les étudiants ont ainsi discuté sur les différentes conceptualisations de l'espace côtier (fig. 4). Le partage et les contrastes des dessins se sont révélés être une étape délibérative, comme une façon de dévoiler « la différence » (plutôt que « le désaccord », THOMPSON, 2008).
- 24 Les dessins sont un outil participatif inclusif, mais les participants doivent être aidés pour avoir confiance en leurs dessins. En effet, au cours de notre activité « pratique », nous avons constaté que certains participants se concentraient davantage sur la qualité artistique de leur dessin plutôt que sur son contenu basé sur leurs connaissances (inhérentes). Bien que ce ne soit pas le cas pour nos ateliers, une attention particulière

doit être accordée aux outils de dessin utilisés en fonction des caractéristiques sociales des participants (MITCHELL *et al.*, 2011). Par exemple, les participants peuvent ne pas être familiers avec certains types de marqueurs, comme le *fineliner* ; dans ce cas, l'utilisation de craies ou de crayons de couleur peut alors être plus adaptée.

- 25 La troisième phase commence lorsque les dessins sont terminés et partagés. Les participants sont ensuite invités à identifier quatre ou cinq types de couverture côtière et marine (par exemple, plage, végétation côtière, végétation benthique, zones de reproduction). Ensuite, ils doivent identifier comment eux-mêmes, ou d'autres utilisateurs spécifiques, bénéficient de ces types d'utilisation des terres. Dans nos ateliers, il a été très clair que les plages étaient immédiatement liées aux loisirs, tant pour les habitants que pour les touristes.
- 26 La quatrième phase consiste à construire la matrice d'évaluation à partir des dessins. La matrice d'évaluation met en corrélation les types d'utilisation des terres avec les services écosystémiques. Les types d'utilisation des terres identifiés par les participants constituent les lignes de la matrice, et les services écosystémiques identifiés composent les colonnes. Pour construire la matrice, nous avons utilisé une définition large des services écosystémiques, à savoir « les avantages que les gens tirent des écosystèmes » (MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005, p. 40). En fonction du public ciblé et des objectifs spécifiques des ateliers, une typologie plus détaillée des services écosystémiques peut être introduite (voir IVARSSON *et al.*, 2017, p. 29). Dans un autre exemple d'application, la matrice d'évaluation a été développée sur la base de la Classification internationale commune des services écosystémiques (Cices) (CENRE, 2016) ; la matrice a alors été complétée par des valeurs de 0 à 5, 0 signifiant qu'il n'y a « aucune capacité pertinente à produire des services » et la valeur 5 signifiant qu'il y a une « capacité pertinente très élevée » par rapport aux types d'utilisation des terres (BURKHARD, *et al.*, 2009 ; BURKHARD *et al.*, 2012). Quel que soit le type d'évaluation, l'analyse conjointe de cette phase permet un dialogue entre les participants.
- 27 La cinquième et dernière phase est une discussion de groupe. En fonction du public ciblé et de l'objectif spécifique de l'atelier, l'animateur prépare une série de questions pour lancer la discussion. En général, les participants sont invités à partager leur évaluation qualitative et à expliquer les raisons pour lesquelles ils ont attribué certaines valeurs. Les évaluations contrastées fournissent un terrain de discussion ; un grand groupe peut ainsi être divisé. L'atelier se termine par une discussion générale et une conclusion. Dans nos ateliers avec les étudiants de l'université fédérale de Pernambuco, la discussion de groupe a été guidée par cinq questions visant à recueillir leurs opinions sur le concept de services écosystémiques, l'activité « pratique », l'utilisation de la matrice d'évaluation pour leurs propres études/recherches et la situation locale des zones côtières de l'État de Pernambuco. Ces questions étaient les suivantes : (1) Quelle est votre opinion sur le concept de services écosystémiques ? (2) Que pouvons-nous conclure de cette activité pratique (par exemple, cartographie, conflits) ? (3) Comment pourriez-vous utiliser cet outil dans le cadre de votre recherche ? (4) Qui sont les principaux bénéficiaires des services écosystémiques côtiers de l'État du Pernambouc ? et (5) Quels sont les principaux problèmes et défis des zones côtières de l'État du Pernambouc ? Les étudiants, en tant qu'habitants et acteurs bien informés des zones côtières du Pernambouc, se sont montrés non seulement très intéressés par les ateliers, mais aussi aptes à travailler à une analyse. En combinant l'analyse spatiale avec le concept de services écosystémiques, ils ont conclu ensemble

que l'accès aux services écosystémiques côtiers est largement déterminé par le statut social.

- 28 Un point très important de la matrice d'évaluation, basée sur des dessins et des discussions, est que celle-ci permet d'alimenter une prochaine étape, celle de la discussion et de la priorisation des actions futures. Si cela est possible et souhaité, la matrice d'évaluation peut être complétée par des informations provenant d'experts scientifiques et d'outils quantitatifs de modélisation informatique. Les interprétations spatiales et fonctionnelles des dessins et de la matrice d'évaluation peuvent être transférées sur des plateformes SIG. Il s'agit d'une méthode inclusive, en raison de sa simplicité. Les ateliers sont peu coûteux et peuvent être menés sur place ; il n'est pas nécessaire d'utiliser un PowerPoint ou tout autre logiciel, il suffit d'utiliser des crayons de couleur et des feuilles de papier, bien qu'il soit utile de disposer de marqueurs et de « Post-it ». En outre, les processus participatifs en général peuvent être perçus comme fatigants et longs, mais notre atelier de deux heures, divisé en cinq étapes, a bien fonctionné, notamment grâce à l'activité pratique.

Figure 4. Résultats graphiques des ateliers



Les dessins montrent différentes conceptualisations de l'espace côtier de l'État de Pernambuco.

© P. Bachmann-Vargas

Réflexions

- 29 Ce chapitre présente deux exemples d'outils visant à renforcer la participation et la délibération dans les processus de PSM. Ces deux outils sont conçus pour permettre l'échange de connaissances et pour donner la possibilité de partager des expériences, mais pas seulement en parlant, mais aussi en écoutant et en répondant. Une caractéristique commune et essentielle de ces outils est qu'ils sont utilisés dans le cadre d'ateliers qui offrent aux participants une activité pratique « à faire soi-même », à travers laquelle ils apprennent d'eux-mêmes et des autres. Les deux outils spécifiques

le font de manière différente. En effet, « MSP Challenge » est un jeu de société où les participants travaillent en équipe dès le départ, et sont guidés par des descriptions de rôles et la réalité matérielle du plateau de jeu, de ses jetons et de ses fils. Les participants apportent leurs connaissances, leurs compétences et leur expertise sur le contenu, mais aussi sur la façon de planifier, de collaborer et de négocier. La cartographie participative est une approche artistique et progressive, où chaque participant se concentre sur ses propres connaissances avant de passer à l'interaction sociale.

- 30 Ces deux outils peuvent être utiles pour explorer les processus de PSM. Par exemple, ils peuvent être utiles pour identifier et anticiper les conflits. Avec « MSP Challenge », les intérêts conflictuels deviennent visibles sur le plateau, et les discussions peuvent aussi révéler des points de vue contradictoires sur les moyens de collaborer et de négocier. L'évaluation qualitative de la cartographie participative peut également révéler des points communs et des différences dans la compréhension de l'espace côtier/maritime, là encore non seulement sur le contenu, mais aussi sur les perceptions et les sentiments, car le dessin apporte littéralement une touche personnelle. De plus, en introduisant le concept de services écosystémiques, l'accent est mis sur les différents usages, utilisateurs et compromis qui sont discutés lors de la phase d'évaluation. Comme la matrice d'évaluation exige une hiérarchisation commune des priorités, elle fait également appel aux compétences des participants en matière de débat.
- 31 Pour ces deux outils, l'étape finale, dans laquelle les participants sont invités à réfléchir, est considérée comme étant d'une importance capitale. Il s'agit pour les participants de sortir du jeu ou de l'évaluation, et d'appliquer les leçons à leur propre réalité. Il est toutefois trop tôt pour tirer des conclusions concernant la mesure avec laquelle les participants emportent les leçons avec eux. Le jeu de société « MSP Challenge » a été utilisé dans de nombreux contextes, et les participants sont généralement très positifs sur la façon dont le jeu a stimulé leur apprentissage de la PSM (KEIJSER *et al.*, 2018). Le fait que le jeu ait été développé et repris par le consortium international de MSPglobal est également révélateur. On peut en effet considérer que le jeu a acquis une légitimité dans le domaine de la PSM, et qu'il crée un lien d'apprentissage, pour transmettre et échanger non seulement des contenus, mais aussi des points de vue sur les moyens de collaborer et de négocier. Il serait formidable d'utiliser ce jeu lors d'une prochaine manifestation du projet Paddle, comme celle prévue au Sénégal, ou d'autres réunions concernant la PSM dans l'Atlantique tropical, et d'en tirer des enseignements. Toutefois, il est essentiel d'avoir des objectifs clairs prédéfinis (REED, 2008). Par exemple, ce jeu peut être un outil pour sensibiliser de façon ludique aux difficultés particulières d'un processus de PSM, mais il peut également être utilisé de manière stratégique pour améliorer l'apprentissage de la collaboration et de la négociation. L'outil de cartographie participative n'a pas encore été utilisé dans un processus formel de PSM, mais, d'après notre expérience, nous pensons qu'il a le potentiel d'aider la participation et la délibération. Cet outil est peu coûteux et ne nécessite pas d'arrangements formels comme c'est le cas du jeu de société « MSP Challenge ».
- 32 En définissant la PSM comme un acte de gouvernance marine, nous soulignons le fait que celle-ci se déroule à plusieurs niveaux. Le plus souvent, la PSM est considérée comme un processus politique national, avec une attention particulière accordée à la collaboration internationale dans une mer régionale. Le jeu de plateau

« MSP Challenge », et les conditions d'utilisation s'inscrivent clairement dans cette optique. De plus, la possibilité pour le modérateur et le capitaine de jeu de faire une pause lors de la partie ressemble à la situation dans laquelle une autorité organise la participation. L'utilisation de ce jeu au niveau local est également possible. Jouer à « MSP Challenge » sous sa forme actuelle avec les acteurs locaux les aiderait par exemple à s'informer sur les enjeux de la planification au niveau d'un bassin maritime. Ce jeu contribuerait également à appréhender les discussions qui surviennent lorsqu'on tente de concilier des conflits spatiaux ; les leçons qui en sont tirées peuvent ainsi être transmises à l'échelle locale. Cet outil pourrait être utile lors de la phase opérationnelle de la PSM, après la phase de cadrage au cours de laquelle les objectifs sont définis, et la phase stratégique, au cours de laquelle les moyens d'atteindre ces objectifs sont identifiés (FLANNERY et MCATEER, 2020). La cartographie participative peut, en revanche, être plus facilement utilisée lors d'une phase préliminaire, afin d'aider à formuler les objectifs et à définir les priorités. Elle peut être utilisée du niveau local à mondial, bien qu'il soit indispensable de définir une échelle géographique afin d'identifier et d'évaluer les services des écosystèmes de manière significative. Les participants doivent avoir un certain niveau de connaissance de la zone côtière/marine concernée.

- 33 Nous soulignons également que la PSM fait partie d'un éventail plus large de processus de pilotage, de négociation et de prise de décision, dans lesquels de nombreux acteurs différents sont impliqués. Le jeu de plateau « MSP Challenge » est un outil disponible et intéressant à la fois pour les gouvernements, mais aussi pour les acteurs non étatiques comme l'industrie et les (grandes) ONG qui peuvent l'utiliser. En effet, des sessions spécifiques avec ce jeu de plateau ont été organisées avec des ONG et des représentants du secteur maritime. L'outil de cartographie participative peut, quant à lui, être utilisé par différents acteurs, y compris les communautés locales. Peu coûteux, il est très accessible. Néanmoins, l'animation des discussions qui conduisent à une meilleure compréhension de l'espace côtier/maritime, et la facilitation de débats respectueux et pertinents sur les différents points de vue et valeurs des services écosystémiques nécessitent des facilitateurs compétents (et bien formés). Cette conclusion ne s'applique pas seulement aux deux outils abordés dans ce chapitre. Comme l'indique REED (2008), une bonne facilitation est impérative pour une participation réussie.
- 34 Les deux outils présentés dans ce chapitre ne sont en aucun cas les seuls outils disponibles pour aider les processus participatifs et délibératifs dans le cadre de la PSM. Mais nous avons voulu, par ces descriptions détaillées, illustrer la manière dont leur conception contribue aux objectifs que ces outils sont censés atteindre. Ainsi, il est crucial de réfléchir soigneusement et de choisir judicieusement l'outil utilisé pour aider à la participation et la délibération dans le cadre de la PSM.

BIBLIOGRAPHIE

ABSPOEL L., MAYER I., KEIJSER X., WARMELINKB H., FAIRGRIEVE R., RIPKEN M., ABRAMIC A., KANNEN A., CORMIER R., KIDD S., 2019

Communicating maritime spatial planning: the MSP challenge approach. *Marine Policy*. 132 : 103486. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2019.02.057>

ARKEMA K. K., VERUTES G. M., WOOD S. A., CLARKE-SAMUELS C., ROSADO S., CANTO M., ROSENTHAL A., RUCKELSHAUS M., GUANNEL G., TOFT J., FARIES J., SILVER J. M., GRIFFIN R., GUERRY A. D., 2015
Embedding ecosystem services in coastal planning leads to better outcomes for people and nature. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112 (24) : 7390-7395.

BÉNÉ C., 2006

Small-scale fisheries: assessing their contribution to rural livelihoods in developing countries. *FAO fisheries circular*, 1008, 46 p.

BURKHARD, B., KROLL F., MÜLLER F., WINDHORST W., 2009

Landscapes' capacities to provide ecosystem services. A concept for land-cover based assessments. *Landscape Online*, 15 (1) : 1-22.

BURKHARD B., KROLL F., NEDKOV S., MÜLLER F., 2012

Mapping ecosystem service supply, demand and budgets. *Ecological Indicators*, 21 : 17-29.

CALADO H., BENTZ J., NG K., ZIVIAN A., SCHAEFER N., PRINGLE C., JOHNSON D., PHILLIPS M., 2012

NGO involvement in marine spatial planning: a way forward? *Marine Policy*, 36 (2) : 382-388.

CENRE, 2016

Valoración económica de los servicios ecosistémicos asociados a los recursos hídricos bajo la Ley General de Pesca y Acuicultura de la región Aysén: Proyecto FOPA N° 2014-85. Centro De Economía De Los Recursos Naturales Y El Medio Ambiente, Chili. http://www.subpesca.cl/fipa/613/articles-89443_informe_final.pdf

CHAMBERS R., 2002

Participatory workshops: a sourcebook of 21 sets of ideas and activities. Earthscan, 220 p.

COI-UNESCO, 2009

Marine spatial planning : a step-by-step approach toward ecosystem-based management. Intergovernmental Oceanographic Commission and Man and the Biosphere Programme. IOC Manual and Guides n° 53, iCaM Dossier n° 6. Paris, Unesco, 99 p.

COI-UNESCO, 2020a

MSPGlobal. Intergovernmental Oceanographic Commission, Paris, Unesco. <http://www.mspglobal2030.org/msp-global>

COI-UNESCO, 2020b

Engaging stakeholders. Intergovernmental Oceanographic Commission, Paris, Unesco. <http://msp.ioc-unesco.org/msp-good-practices/engaging-stakeholders/>

DEN HAAN R., VAN DER VOORT M. C., 2018

On evaluating social learning outcomes of serious games to collaboratively address sustainability problems: a literature review. *Sustainability*, 10 : 4529. <https://doi.org/10.3390/su10124529>

DEWULF A., ELBERS W., 2018

Power in and over cross-sector partnerships: actor strategies for shaping collective decisions. *Administrative Sciences*, 8 (3) : 43.

DOUVERE F., 2008

The importance of marine spatial planning in advancing ecosystem-based sea use management. *Marine policy*, 32 (5) : 762-771.

ESCOBAR O., 2017

Pluralism and democratic participation: what kind of citizen are citizens invited to be? *Contemporary Pragmatism*, 14 (4) : 416-438.

EUROPEAN COMMISSION, 2013

Action plan for a maritime strategy in the Atlantic area. Delivering smart, sustainable and inclusive growth. Bruxelles, Commission européenne.

EUROPEAN UNION, 2014

Directive 2014/89/EU of the European Parliament and of the Council of 23 July 2014 establishing a framework for maritime spatial planning. Bruxelles, Union européenne.

FISCHER F., 2009

Democracy and expertise: reorienting policy inquiry. Oxford, Oxford University Press, 339 p.

FLANNERY W., MCATEER B., 2020

Assessing marine spatial planning governmentality. *Maritime Studies*, 19 : 269-284. <https://doi.org/10.1007/s40152-020-00174-2>

FLANNERY W., ELLIS G., FLANNERY W., NURSEY-BRAY M., VAN TATENHOVE J. P. M., KELLY C., COFFEN-SMOUT S., FAIRGRIEVE R., KNOL M., JENTOFT S., BACON D., O'HAGAN A. M., 2016

Exploring the winners and losers of marine environmental governance/Marine spatial planning: Cui bono?/"More than fishy business": epistemology, integration and conflict in marine spatial planning/Marine spatial planning: power and scaping/Surely not all planning is evil?/Marine spatial planning: a Canadian perspective/Maritime spatial planning-"ad utilitatem omnium"/ Marine spatial planning:"It is better to be on the train than being hit by it"/Reflections from the perspective of recreational anglers and boats for hire/Maritime spatial planning and marine renewable energy. *Planning Theory & Practice*, 17 (1) :121-151.

FREEMAN R. E., MCVEA J., 2001

« A stakeholder approach to strategic management ». In Hitt M. A., Freeman R. E., Harrison J. S. (eds) : *The Blackwell handbook of strategic management.* Oxford, Blackwell : 189-207.

FUNG A., WRIGHT E. O., 2001

Deepening democracy: innovations in empowered participatory governance. *Politics & Society*, 29 (1) : 5-41.

GORN L., KLEEMANN J., FÜRST C., 2018

Improving the matrix assessment of ecosystem services provision. The case of regional land use planning under climate change in the region of Halle, Germany. *Land*, 7 (2) : 76.

HOYLE B. D., DUNCAN L., 2019

« Oceans, Tropical ». In Water encyclopedia. www.waterencyclopedia.com/Oc-Po/Oceans-Tropical.html

IVARSSON M., MAGNUSSEN K., HEISKANEN A.-S., NAVRUD S., VIITASALO M., 2017

Ecosystem services in MSP: ecosystem services approach as a common nordic understanding for MSP. TemaNord. Nordic Council of Ministers, 169 p. <https://norden.diva-portal.org/smash/get/diva2:1138007/FULLTEXT01.pdf>

JAY S., FLANNERY W., VINCE J., LIU W. H., XUE J. G., MATCZAK M., ZAUCHA J., JANSSEN, VAN TATENHOVE J. P. M., TOONEN H., MORF A., OLSEN E., VIVERO J., RODRÍGUEZ MATEOS J., CALADO H., DUFF, DEAN H., 2013
International progress in marine spatial planning. *Ocean Yearbook Online*, 27 (1) : 171-212.

KARNAD D., MARTIN K. S., 2020

Assembling marine spatial planning in the global South: international agencies and the fate of fishing communities in India. *Maritime Studies*, 19 : 375-387.

KATSANEVAKIS S., STELZENMÜLLER V., SOUTH A., SØRENSEN T. K., JONES P. J., KERR S., ET AL., 2011

Ecosystem-based marine spatial management: review of concepts, policies, tools, and critical issues. *Ocean & coastal management*, 54 (11) : 807-820.

KEIJSER X., RIPKEN M., WARMELINK H., ABSPOEL L., FAIRGRIEVE R., MAYER I. S., 2017

« Maritime spatial planning. A board game for stakeholder involvement ». In Isaga : *Simulation gaming. Applications for sustainable cities and smart infrastructures*. Berlin/Heidelberg, Delft/ Springer.

KEIJSER X., RIPKEN IM., MAYER I., WARMELINK H., ABSPOEL L., FAIRGRIEVE R., PARIS C., 2018

Stakeholder engagement in maritime spatial planning: the efficacy of a serious game approach. *Water*, 10 (6) : 724. <https://doi.org/10.3390/w10060724>

MAES F., 2008

The international legal framework for marine spatial planning. *Marine Policy*, 32 (5) : 797-810.

MAYER I., 2009

The gaming of policy and the politics of gaming: a review. *Simul. Gaming*, 40 : 825-862.

MAYER I. S., ZHOU Q., LO J., ABSPOEL L., KEIJSER X., OLSEN E., NIXON E., KANNEN A., 2013

Integrated, ecosystem-based marine spatial planning: design and results of a game-based quasi-experiment. *Ocean and Coastal Management*, 82 : 7-26.

MARTÍNEZ-HARMS M. J., BALVANERA P., 2012

Methods for mapping ecosystem service supply: a review. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services and Management*, 8 (1-2) : 17-25.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005

Ecosystems and human well-being. Washington, Island Press.

MITCHELL C., THERON L., STUART J., SMITH A., CAMPBELL Z., 2011

« Drawings as research method ». In Theron L., Michell C., Smith A., Stuart J. (eds.) : *Picturing research. Drawing as visual methodology*. Rotterdam/ Boston/Taipei, Sense : 246.

MORF A., PERUS J., STEINGRIMSSON S. A., EKENGER M., 2014

Results 2nd Nordic workshop on MSP. Results of the 2nd Nordic workshop on marine spatial planning and an update for 2014. Use and management of Nordic marine areas: today and tomorrow. Reykjavik, Iceland, 12.-13. November 2013. 96 p. <https://doi.org/10.6027/NA2014-932>

NAHUELHUAL L., VERGARA X., KUSCH A., CAMPOS G., DROGUETT D., 2017

Mapping ecosystem services for marine spatial planning: recreation opportunities in Sub-Antarctic Chile. *Marine Policy*, 81 : 211-218.

OUNANIAN K., DELANEY A., RAAKJÆR J., RAMIREZ-MONSALVE P., 2012

On unequal footing: stakeholder perspectives on the marine strategy framework directive as a mechanism of the ecosystem-based approach to marine management. *Marine Policy*, 36 (3) : 658-666.

PAPADOPOULOS Y., WARIN P., 2007

Are innovative, participatory and deliberative procedures in policy making democratic and effective? *European journal of political research*, 46 (4) : 445-472.

POTSCHIN MARION, HAINES-YOUNG R., 2016

« Conceptual frameworks and the cascade model ». In Potschin M., Jax K. (eds.) : *OpenNESS ecosystem services reference book. EC FP7 Grant Agreement no. 308428*. www.openness-project.eu/library/reference-book

REED M. S., 2008

Stakeholder participation for environmental management: a literature review. *Biological conservation*, 141 (10) : 2417-2431.

REILLY K., ADAMOWSKI, J., JOHN K., 2018

Participatory mapping of ecosystem services to understand stakeholders' perceptions of the future of the Mactaquac Dam, Canada. *Ecosystem Services*, 30 : 107-123. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2018.01.002>

RITCHIE H., ELLIS G., 2010

'A system that works for the sea'? Exploring stakeholder engagement in marine spatial planning. *Journal of Environmental Planning and Management*, 53 (6) : 701-723.

RONDINELLA T., SEGRE E., ZOLA D., 2017

Participative processes for measuring progress: deliberation, consultation and the role of civil society. *Social Indicators Research*, 130 (3) : 959-982.

SIMONSEN J., ROBERTSON T. (EDS.), 2012

Routledge international handbook of participatory design. London, Routledge, 320 p.

SMITH G., JENTOFT S., 2017

Marine spatial planning in Scotland. Levelling the playing field? *Marine Policy*, 84 : 33-41.

THOMPSON D. F., 2008

Deliberative democratic theory and empirical political science. *Annu. Rev. Polit. Sci.*, 11 : 497-520.

TOONEN H. M., VAN TATENHOVE J. P. M., 2020

Uncharted territories in tropical seas? Marine scaping and the interplay of reflexivity and information. *Maritime Studies*, 19 : 359-374. <https://doi.org/10.1007/s40152-020-00177-z>

TROY A., WILSON M. A., 2006

Mapping ecosystem services: practical challenges and opportunities in linking GIS and value transfer. *Ecological Economics*, 60 (2) : 435-449.

UN, 1982

United Nations Convention on the Law of the Sea of 10 December 1982. New York, United Nations, 202 p.

UN, 1992

Protection of the oceans, all kinds of seas, including enclosed and semi-enclosed seas, and coastal areas and the protection, rational use and development of their living resources. Chapter 17 in Rio Declaration on Environment and Development. New York, United Nations. https://www.un.org/Depts/los/consultative_process/documents/A21-Ch17.htm

VAN TATENHOVE J., 2011

Integrated marine governance: questions of legitimacy. *Mast*, 10 (1) : 87-113.

VIGERSTOL K. L., AUKEMA, J. E., 2011

A comparison of tools for modeling freshwater ecosystem services. *Journal of Environmental Management*, 92 : 2403-2409.

NOTES

1. Voir également www.mspchallenge.info
 2. Diapositives disponibles sur demande auprès de P. Bachmann-Vargas.
-

AUTEURS

HILDE TOONEN

Politologue, université de Wageningen, Pays-Bas.

PAMELA BACKMAN-VARGAS

Politologue, université de Wageningen, Pays-Bas.

XANDER KEIJSER

Politologue, université de Wageningen, Pays-Bas.

Chapitre 14. Planification spatiale marine et usages récréatifs de la mer

La protection des sites de surf

Mauricio Duarte Dos Santos, Solange Teles Da Silva et Carolina Dutra

Introduction

- 1 La conservation et l'utilisation durable de l'environnement côtier et marin et de ses ressources, régies par un cadre fragmenté d'institutions internationales, régionales et nationales, dépendent de la planification et de la gestion efficaces des utilisations sociales, tant à l'intérieur qu'au-delà des zones de juridiction nationale. Le préambule de la Convention des Nations unies sur le droit de la mer (UNCLOS) de 1982 reconnaît la nécessité de considérer les océans et les mers dans leur ensemble. Par ailleurs l'usage d'outils de gestion par zone dans les espaces sous juridiction nationale et l'influence de la Convention sur la diversité biologique (CBD) de 1992, renforcent l'établissement d'un système multiple fondé sur une approche écosystémique (EHLER et DOUVÈRE, 2009).
- 2 Après des décennies de débats, de théories et de pratiques à l'échelle mondiale concernant la gouvernance côtière et marine, la planification spatiale marine (PSM) s'est imposée, au début des années 1980, au-delà des autres outils de gestion des zones, comme un processus politique novateur visant à allouer de l'espace et du temps aux demandes d'usage des ressources vivantes et non vivantes, et en soutenant les politiques sectorielles vers un équilibre entre utilisation et conservation (SCOTT, 2015).
- 3 Depuis lors, dans le cadre de stratégies marines plus larges, la planification de l'espace maritime a été définie et pratiquée de différentes manières, reflétant l'éventail des systèmes de gouvernance et des priorités politiques. Avant 2000, quelques pays ont commencé à planifier spatialement les zones maritimes, comme la Chine, où un zonage fonctionnel marin a été proposé pour la première fois par le gouvernement en 1998, devenant ainsi une base obligatoire pour la planification du développement marin, la

gestion des ressources marines et la création de réserves naturelles marines (FENG *et al.*, 2016). La même année, l'Australie a énoncé la politique océanique afin d'orienter les modalités de mise en œuvre de la planification et de la gestion écosystémique des océans, en intégrant les plans de zonage précédents de la Grande Barrière de corail et les plans biorégionaux axés sur la conservation marine (DAY, 2002). En 2002, l'Union européenne a encouragé l'adoption de la PSM dans les juridictions nationales et les mers régionales en se concentrant sur la planification spatiale maritime plutôt que marine, c'est-à-dire en la considérant comme un outil de soutien aux économies maritimes favorisant la croissance bleue (SCHULTZ-ZEHDEN *et al.*, 2019). À ce jour, ce mouvement s'est propagé en Afrique, en Asie et dans les Amériques selon un cheminement similaire, mettant en avant les réalisations économiques potentielles comme un objectif pertinent – pour certains, le principal (UNESCO, 2019). Bien qu'il n'existe toujours pas de concept unique accepté à l'échelle mondiale, l'Organisation des Nations unies pour l'éducation, la science et la culture (Unesco) a présenté en 2009 la PSM comme « un processus public d'analyse et de répartition spatiale et temporelle des activités humaines dans les zones marines afin d'atteindre des objectifs écologiques, économiques et sociaux qui sont généralement spécifiés par un processus politique ». En 2019, des initiatives de PMS sont développées dans plus de 70 pays, allant de la définition d'un programme, la formulation et l'adoption d'un plan, jusqu'à sa mise en œuvre et évaluation (UNESCO, 2019).

- 4 Néanmoins, afin de relever les défis d'un océan en mutation et surexploité, il existe une demande croissante pour une gouvernance marine plus large, et pour un engagement concret et plus performant du public dans les questions marines côtières considérées dans une perspective holistique. Les gouvernements, les institutions, la société civile et le monde universitaire s'intéressent à la capacité de la PSM à gérer l'utilisation et la protection des ressources marines côtières de manière durable. Des études théoriques et empiriques sur les différentes dimensions de la planification de l'espace maritime ont été récemment développées concernant sa raison d'être, ses méthodes et ses résultats dans des domaines tels que la géographie, l'écologie, l'économie et les sciences sociales.
- 5 Ces recherches montrent que la PSM représente un instrument essentiel pour une politique maritime efficace, en améliorant la prise de décision concernant les environnements marins côtiers (EHLER *et al.*, 2019). Elles soulignent le potentiel de la PSM à renforcer la gestion fondée sur les écosystèmes et la conservation de la biodiversité, en s'attaquant aux effets cumulatifs de nombreux facteurs de stress ainsi qu'en favorisant les aires marines protégées, la gestion des zones côtières et les outils connexes. Par conséquent, la PSM est considérée comme une démarche ouverte et dynamique qui améliore la réglementation des activités marines et qui harmonise les résultats économiques et les avantages sociaux afin de mieux concilier les intérêts des utilisateurs hétérogènes de ces espaces – d'où sa complexité.
- 6 Beaucoup reste à faire concernant le pilier social de la PSM. Un autre ensemble de questions fondamentales, telles que le champ d'application et le processus de la planification de l'espace maritime, doivent également être étudiées à travers un « prisme social », en inspirant des analyses critiques et des solutions fondées sur les données. La compréhension du monde marin et de l'interaction sociétale doit être approfondie, contribuant ainsi à de nouvelles approches de planification (JAY *et al.*, 2011).

- 7 Compte tenu des débats en cours sur les variables écologiques et sociales de la planification de l'espace maritime, ce chapitre analyse le lien entre la planification de l'espace maritime et les initiatives émergentes de protection des zones de surf. Ces zones constituent une ressource marine rare et limitée et fournissent des services écosystémiques et des opportunités pour des activités non extractives/à faible impact, ce qui devrait inciter à leur prise en compte dans les décisions politiques. La protection de « l'écosystème du surf » représente une opportunité pour encourager la gouvernance marine côtière édictée par les stratégies de PSM et par les plans de gestion côtière et des aires marines protégées. Des systèmes innovants (par exemple, les « réserves de surf ») privilégient une gestion ascendante, avec notamment l'implication de la communauté des surfeurs dans les prises de décisions sur l'utilisation des zones côtières et marines.
- 8 À partir d'une revue de la littérature sur les dimensions sociales de la PSM, la première section de ce chapitre présente les théories qui ont donné lieu aux débats sur la planification marine côtière. La deuxième partie fait une évaluation critique de la littérature sur la participation publique dans ce processus. La troisième partie s'intéresse aux cadres légaux et volontaires de la protection des plages de surf, pour, *in fine*, reconnaître les intérêts collectifs dans le programme de la PSM et améliorer la participation publique dans ce processus.

Le pilier social de la PSM

- 9 Malgré la complexité de la PSM et la variabilité de son adoption dans le monde, on s'attend à ce que ce processus produise plus que des cartes. En vue d'un développement durable de l'espace marin, une série d'objectifs écologiques, sociaux et économiques doivent être poursuivis, avec la participation effective des parties prenantes à la prise de décision sur les usages multiples de l'espace marin côtier. Alors que les durabilités écologique et économique bénéficient d'ores et déjà d'une attention politique et scientifique, la durabilité sociale doit être mieux comprise et intégrée dans la pratique politique (BOSTRÖM, 2012). Cette question remet en cause la gouvernance et la gestion des ressources naturelles ; il n'est donc pas surprenant que la planification de l'espace maritime en fasse également l'expérience. En supposant que la recherche ait un rôle important à jouer pour améliorer la prise en compte de la durabilité sociale dans la PSM, quelle est la part de la dimension humaine/sociale de la PSM dans la littérature scientifique ?
- 10 En s'intéressant à la conceptualisation de la durabilité sociale dans la PSM, SAUNDERS *et al.* (2019a) questionnent la possibilité de considérer que les bénéfices sociaux sont dus à la prise en compte des composantes environnementales et économiques dans la planification marine côtière. Les auteurs soulignent que ce n'est pas le cas et que les préoccupations sociales sont en partie prises en compte dans les dimensions écologiques et économiques, mais de manière différente.
- 11 Du point de vue économique, le développement à l'échelle de la société fait espérer un bien-être pour tous ; sous l'angle de la protection de l'environnement, il s'agit d'assurer la durabilité des ressources et des conditions afin de maintenir la potentialité du marché et l'accumulation de capital. Même si l'on considère qu'il y a des exceptions, ainsi que divers intérêts économiques, pour ces auteurs, « se référer à des priorités purement économiques comme la croissance bleue ou même la "croissance durable" »

(avec la protection de l'environnement à l'esprit) comme un objectif de la PSM ne tient pas compte d'autres facteurs liés à l'économie, tels que la distribution inégale de la richesse et l'accès aux ressources ». En fait, les trois piliers – social, économique et environnemental – ne doivent pas être considérés comme un moyen pour atteindre les autres, car la réalisation de chacun de ces piliers se justifie en soi. Ainsi, les efforts pour intégrer de manière significative la durabilité sociale dans la PSM (voire dépasser l'absence de consensus sur sa définition) devraient prendre en compte des questions essentielles : quels sont les objectifs de la PSM ? Qui décide et comment décider de l'accès aux ressources marines ? Qui devrait en bénéficier ? La PSM doit ainsi prendre en compte la durabilité sociale en termes constitutifs (objectif), procéduraux (processus de décision) et substantifs (résultats), afin de promouvoir l'inclusion sociale, les disparités de pouvoir et l'équité. À l'inverse, la PSM ne pourra pas être un « moyen prometteur de gouvernance marine pluraliste capable d'arbitrer les tensions entre des valeurs et des intérêts concurrents pour parvenir à un "intérêt public commun" sur la façon dont nous devons utiliser la mer » (SAUNDERS *et al.*, 2019a). Un cadre conceptuel de durabilité sociale a été développé par SAUNDERS *et al.* (2019a) soulignant les éléments clés à adapter pour différentes pratiques et différents contextes de PSM (tabl. 1).

Tableau 1. Approche conceptuelle d'étude de la durabilité sociale dans le cadre de la PSM

Caractéristique	Description	Perspectives analytiques
Renforcer la démocratie dans le processus de décision	Qui est inclus ? Qu'est-ce qui est inclus ? Comment sont-ils inclus ?	Les intérêts de ceux qui comptent (légitimement) dans le cadre spécifique de la PSM (inclusion/exclusion), y compris les valeurs, et l'expérience des acteurs sont pris en compte dans la PSM, y compris la connaissance des non experts
Inclusion significative des valeurs socio-culturelles, connaissances et avantages	Prise en compte de la diversité, généralement fondée sur les valeurs attachées à un lieu, aux connaissances et aux avantages (matériels et immatériels)	Est-ce que (et comment) certains groupes sociaux, les connaissances attachées à un lieu, les valeurs et les avantages, ont été effectivement considérés et représentés dans les résultats de la PSM ?
Intégrer l'équité	Effets distributifs (maintenant et dans le futur)	Indique dans quelle mesure les préoccupations de diversité sociale sont cartographiées et intégrées au sein de la PSM, y compris dans quelle mesure celles-ci sont considérées dans les processus de planification

Cohésion sociale	Promouvoir une coexistence sociétale harmonieuse ou, à minima, réduire les possibilités de conflits sociaux explicites et nuisibles	indique dans quelle mesure a été prise en compte la réduction des dysfonctionnements existant dans nos sociétés, afin de renforcer les rapports sociaux et établir la confiance entre les différents groupes sociaux
------------------	---	--

Source : adapté de SAUNDERS *et al.* (2019a)

- 12 De chacune des caractéristiques de ce cadre conceptuel de durabilité sociale découle une série de questions connexes qui peuvent également être utiles pour l'élaboration d'indicateurs d'évaluation.
- 13 En ce qui concerne la question de la démocratie, la préoccupation centrale est de connaître l'étendue des espaces participatifs. En se basant sur une analyse bibliographique du processus décisionnel des PSM (notamment JENTOFT, 2017 ; RITCHIE et ELLIS, 2010 ; JONES *et al.*, 2016 ; TAFON, 2019, etc.), SAUNDERS *et al.* (2019a) soulignent que la reconfiguration de la planification de l'espace maritime est nécessaire afin de permettre (1) des approches socialement plus coopératives, incluant plus d'acteurs (entités publiques, privées et bénévoles, c'est-à-dire le gouvernement, la société civile, les entreprises, le grand public, les groupes sociaux vulnérables, les syndicats) et (2) leur engagement dans les décisions de planification pour lesquelles ils sont intéressés (bénéfices matériels et immatériels) et qui les affectent. Bien sûr, cela demande beaucoup plus d'efforts de la part de tous ces acteurs, en particulier des planificateurs, mais le résultat en sera d'autant plus efficace, en évitant les conflits potentiels lors de la mise en œuvre de la PSM grâce à la prise en compte de leurs valeurs, intérêts et connaissances. Certains auteurs considèrent que cette réponse est toutefois insuffisante, car elle n'aborde pas les implications distributionnelles matérielles et non matérielles de la PSM (FLANNERY *et al.*, 2016 ; TAFON *et al.*, 2019). Cependant, selon SAUNDERS *et al.* (2019a), une réforme démocratique de la PSM est basée sur une vision pluraliste du pouvoir, mais ne suppose pas naïvement que tous les acteurs aient un pouvoir égal pour faire valoir leurs intérêts.
- 14 En incluant les éléments socioculturels, SAUNDERS *et al.* (2019a) élargissent cette idée en examinant comment des groupes spécifiques, leurs connaissances, leurs valeurs et leurs avantages liés à leur localisation, ont été effectivement considérés dans la prise de décision et ont façonné les résultats de la PSM. La littérature émergente sur ce sujet explore principalement les services culturels issus des écosystèmes et il apparaît que la PSM a négligé les valeurs immatérielles liées à la culture. Cela est « problématique, car elles contribuent au bien-être humain et sont considérées comme ayant une forte influence sur la façon dont nous conceptualisons la durabilité » (SOINI et BIRKELAND, 2014). En outre, les services culturels dépendent des pratiques et des cadres culturels pour être reproduits, reconnus et valorisés, et ils sont difficiles à être intégrés à des outils de planification et de gestion tels que la PSM, qui se basent sur des données et des méthodes quantitatives (KENTER *et al.*, 2011). Néanmoins, « la représentation des éléments socioculturels en termes essentiellement spatiaux et économiques passe à côté non seulement de la spatialité infinie et du caractère affectif intrinsèque de ces valeurs, mais aussi de leur incommensurabilité avec les avantages matériels (économiques) », ce qui peut conduire à la marginalisation des acteurs qui détiennent

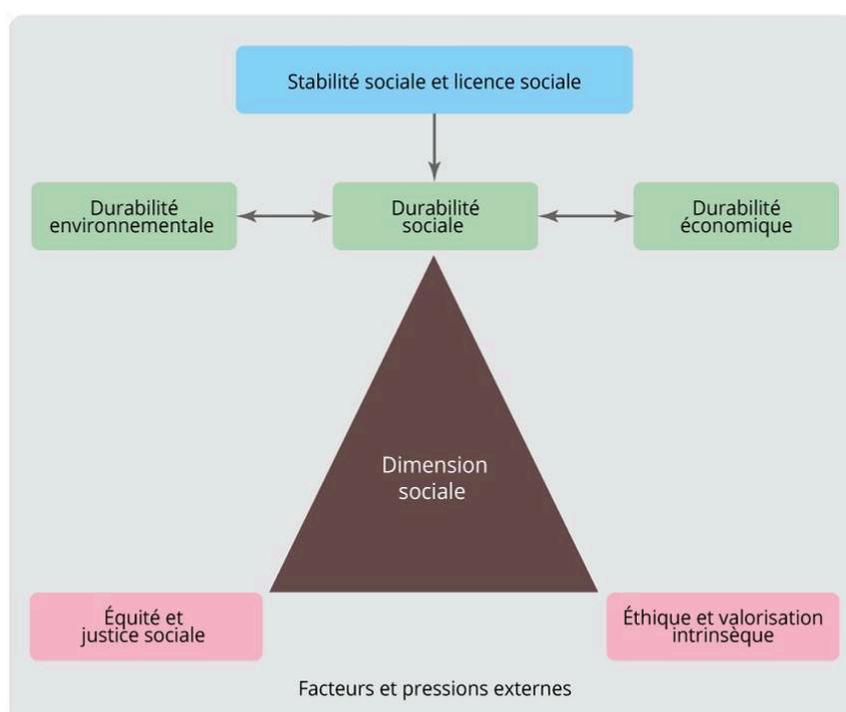
ces valeurs (TAFON, 2017). Par conséquent, SAUNDERS *et al.* (2019a) soulignent la nécessité d'aller au-delà de l'expression et de la prise en compte des éléments socioculturels dans le processus de PSM afin de promouvoir « un dialogue et un échange dans la prise de décision qui conduira à des résultats plus équitables » (KIDD et ELLIS, 2012). À cette fin, ces auteurs proposent quelques idées sur la façon de le faire, par exemple à travers la cartographie participative, et en utilisant l'interaction délibérative (SAUNDERS *et al.*, 2019a).

- 15 La troisième question abordée par le cadre conceptuel de SAUNDERS *et al.* (2019a) est le choix de l'équité comme ligne directrice de la planification. La question qui en découle se concentre sur l'existence (ou non) d'une reconnaissance/prise en compte explicite/spécifique des implications distributives dans la planification marine : qui gagne et qui perd dans les décisions et les résultats de la PSM ? En effet, il existe différents points de vue de ce que serait une PSM équitable. Selon ces auteurs, « l'équité dans la planification du milieu marin pourrait être considérée comme le fait de ne pas nuire davantage aux groupes sociaux déjà défavorisés ou vulnérables et de prendre des décisions concernant la mer dans le sens de l'égalité (en reconnaissant que les personnes/groupes s'épanouissent de différentes manières ; en s'appuyant sur différentes valeurs/bénéfices/conditions) » pour les générations actuelles et futures. En d'autres termes, l'idée de la réforme proposée de la PSM est d'accorder « une attention adéquate à la répartition des coûts et des avantages de l'utilisation de la mer (aujourd'hui et à l'avenir) [...] au sein de la société et à la manière dont les différents éléments de la qualité de vie sont affectés (par exemple, le travail, l'accès aux loisirs, l'esthétique, l'argent, etc.). Bien sûr, cela engendre des enjeux qui pourraient être surmontés en engageant des "planificateurs de l'équité de la PSM" qui préconiseraient des résultats équitables via la PSM, dépassant ainsi les limites de la planification rationnelle (ou le rôle d'un planificateur "neutre") afin d'équilibrer objectivement les arguments concurrents en faveur des objectifs des trois piliers de la durabilité » (SAUNDERS *et al.*, 2019a).
- 16 La dernière caractéristique examinée par cette proposition innovante est la cohésion sociale, comprise par les auteurs comme « les processus (c'est-à-dire les points de vue, les valeurs, les normes, les perceptions et les comportements partagés) qui soutiennent les relations sociales (individus, groupes sociaux, communautés, etc.) » (PRELL *et al.*, 2009), visant à « accueillir la diversité tout en promouvant l'égalité ». La cohésion sociale favorise les liens sociaux et la confiance par le biais d'opportunités, ce qui signifie, dans le contexte de la PSM, promouvoir la planification collaborative, réduisant ainsi les ruptures qui conduisent à des conflits néfastes. Ainsi, même dans une situation de conflit inextricable, le sens de la cohésion sociale peut aider « à ce que le processus de planification de l'espace plurilatéral n'exacerbe pas les schismes existants dans la société par des processus d'exclusion ou par le renforcement des privilèges existants (intentionnellement ou non) ». Dans la pratique, les éléments décrits ci-dessus (démocratie, éléments socioculturels, équité et cohésion sociale) sont liés et se chevauchent, mais ils sont différents ; « lorsqu'ils sont pris ensemble, ils contribuent à concevoir la durabilité sociale comme un pilier de la durabilité – couvrant à la fois les aspects substantiels et procéduraux de la PSM » (SAUNDERS *et al.*, 2019a).
- 17 Préoccupés par la faible prise en compte des aspects et des impacts sociaux (par exemple, l'exclusion ou la perte d'espace océanique, le détournement des ressources au

détriment des utilisateurs traditionnels, le mépris des valeurs culturelles, etc.) dans les processus soutenant la prise de décision en matière de PSM, GRIMMEL *et al.* (2019) proposent un schéma d'élaboration de lignes directrices socialement intégratives afin de renforcer la justice sociale et l'inclusion dans les processus existants, incitant ainsi à une nouvelle approche de la durabilité des océans et à l'intégration de toutes les dimensions de la planification. Grâce à une revue bibliographique sur la dimension sociale de la planification de l'espace maritime (notamment BENNETT *et al.*, 2015 ; FLANNERY *et al.*, 2016 ; BENNETT, 2018), les auteurs fournissent un modèle conceptuel très proche du cadre de SAUNDERS *et al.* (2019b), avec notamment un même objectif : favoriser l'intégration équitable des intérêts sociaux, économiques et environnementaux dans la planification de l'espace maritime, en supposant que l'équité devienne possible avec la prise en compte des trois piliers de la durabilité.

- 18 De façon tout à fait intéressante, GRIMMEL *et al.* (2019) présentent deux définitions possibles de la dimension sociale de la PSM. La première définition la décrit comme un ensemble de couches connectées. Le premier niveau (la base) est « l'intégration de la durabilité sociale, de l'équité sociale et de la justice ainsi que de l'éthique et de la valorisation intrinsèque ». À un second niveau, « la stabilité sociale et la licence sociale sont des mesures de la durabilité sociale et devraient être des objectifs inhérents aux processus de PSM ». L'équité sociale signifie alors « une distribution égale et juste des coûts et des bénéfices des mesures, l'implication des parties prenantes à tous les niveaux et l'accent mis sur le maintien des moyens de subsistance ou les alternatives ». Par conséquent, « les obligations éthiques et morales existent envers l'environnement, les autres espèces ainsi que tous les êtres humains, tandis que la valorisation intrinsèque se réfère aux valeurs et aux croyances, à la culture et aux traditions qui sont présentes ». Ils soulignent que toutes ces composantes doivent être évaluées et maintenues dans les processus de PSM et les pratiques dérivées. Selon la seconde définition, le pilier social de la PSM « se réfère à tous les aspects socialement pertinents qui contribuent au *statu quo* présent et futur dans la zone de planification dans les domaines socio-économiques et socio-écologiques et il est inclus de manière adéquate dans le processus de planification en trouvant des compromis équilibrés et éthiquement sains entre la durabilité sociale, économique et environnementale » (GRIMMEL *et al.*, 2019). Conscients des différentes échelles de la dimension sociale (de l'individu au global), et du fait qu'elle est dirigée par l'économie, Grimmel *et al.* (2019) proposent un autre modèle (fig. 1).

Figure 1. Modèle conceptuel de la dimension sociale dans la PSM



SOURCE : d'après GRIMMEL *et al.* (2019)

- 19 Les concepts et les théories des sciences sociales que les auteurs ont adoptés pour produire ce modèle sont, en somme, l'éthique et la moralité comme une base de réflexion sur la justice sociale, ainsi que la résilience et la vulnérabilité sociales comme fondement de la capacité d'adaptation des groupes sociaux vulnérables, incitant à l'évolution des facteurs économiques, environnementaux et sociaux. La licence sociale et la responsabilité passent par la justice sociale et l'équité, et permettent l'acceptation sociale à long terme des processus et des résultats de la gouvernance marine (GRIMMEL *et al.*, 2019). Certaines de ces rationalités ont été explorées par SAUNDERS *et al.* (2019a), qui indiquent que les sciences sociales incluent de nombreuses catégories qui doivent guider la PSM et développer davantage sa durabilité sociale. Les auteurs recommandent l'adoption d'outils pratiques tels que l'évaluation de l'impact social, l'évaluation de l'impact socio-économique ainsi que des outils conçus pour relier les connaissances « communes » dominantes aux connaissances traditionnelles ou locales (notamment celles écologiques). Une autre possibilité à explorer, parmi d'autres, consiste à relier les piliers social et environnemental, en considérant les systèmes socio-écologiques et l'approche systémique comme références (GRIMMEL *et al.*, 2019).

La dimension socioculturelle dans la PSM

- 20 MCKINLEY *et al.* (2019) s'intéressent à la dimension sociale de la PSM, notamment la pensée et les pratiques socioculturelles, en se basant sur trois approches théoriques : les services écosystémiques culturels, la connexion sociétale à la mer et le bien-être. En effet, les composantes culturelles ont été prises en compte dans les efforts de

planification marine côtière, mais de manière insuffisante jusqu'à présent. Ces auteurs discutent de la signification du terme « socioculturel », en soulignant que le lien entre les personnes et leur environnement est défini par un ensemble de valeurs religieuses, esthétiques, économiques et liées au lieu, et n'explique pas seulement des attitudes et des comportements, mais peut également « façonner le sens du lieu, l'identité personnelle et un large éventail de possibilités de loisirs, de détente et de travail » (MCKINLEY *et al.*, 2019). Une recherche bibliographique sur le sujet amène ces auteurs à définir l'élément socioculturel comme un « terme qui intègre ces nombreuses facettes de la société humaine, notamment les attitudes, les valeurs, les comportements ainsi que les structures qui encadrent les organisations et les actions sociales ». Des concepts expriment cette notion dans la gouvernance des océans : les services écosystémiques, la culture océanique, la citoyenneté marine et le changement de comportement, et le bien-être (MCKINLEY *et al.*, 2019) (tabl. 2)

Tableau 2. Sélection des concepts socioculturels clés de McKinley *et al.* et leur application dans la PSM

Concept	Définition et application potentielle
Services écosystémiques culturels	« Avantages immatériels que les personnes obtiennent des écosystèmes par l'enrichissement spirituel, le développement cognitif, la réflexion, les loisirs et les expériences esthétiques » (MEA, 2003). Cette définition est largement contestée. Elle a été explicitement utilisée comme cadre de PSM dans quelques cas.
Culture océanique	Compréhension de l'impact de la mer sur la vie humaine et des personnes sur la mer – un terme relativement récent qui a le potentiel d'améliorer la sensibilisation, les connaissances et la capacité du public à soutenir la mise en œuvre de la PSM.
Citoyenneté marine	Comprendre les droits et responsabilités individuels envers l'environnement marin, avoir une conscience et une préoccupation pour l'environnement marin et les impacts des comportements individuels et collectifs, et améliorer la capacité du public à jouer un rôle pour assurer une gestion durable du milieu marin.

Bien-être	Mesure de la qualité de vie traduite dans les politiques de planification marine liées à l'espace bleu et à son impact de plus en plus reconnu sur la santé et le bien-être humains, et dans les critères potentiels d'évaluation des résultats de la planification marine.
Paysage marin	« Un espace de mer, de littoral et de terre, tel que perçu par les personnes, dont le caractère résulte des actions et des interactions de la terre avec la mer, par des facteurs naturels et/ou humains ». Concept occasionnellement développé comme preuve à l'appui de la planification marine par le biais de la caractérisation du paysage marin, des évaluations du paysage marin ou des évaluations d'impact visuel (NATURAL ENGLAND, 2012 ; FALCONER <i>et al.</i> , 2013).

Source : adapté de MCKINLEY *et al.* (2019)

- 21 L'application de ces concepts à la PSM est également explorée. Les services écosystémiques culturels, le paysage marin et le bien-être apparaissent comme les concepts les plus récurrents dans la PSM (par exemple, les attitudes et les perceptions, le patrimoine culturel, les activités humaines, les valeurs sociales, monétaires et non monétaires, et les données sociodémographiques) (pour plus d'informations sur ces concepts, voir MCKINLEY *et al.*, 2019).
- 22 En tant qu'outil de gestion par zone, l'approche écosystémique est essentielle pour la gestion et la prise de décision dans le domaine marin. Par conséquent, prendre en compte les services écosystémiques est important pour la PSM, y compris les avantages socioculturels que les hommes retirent de la nature. Néanmoins, les services écosystémiques culturels représentent d'énormes défis en termes de reconnaissance et d'évaluation. Cela est dû au fait qu'ils sont définis comme « les avantages non matériels que les hommes obtiennent des écosystèmes par l'enrichissement spirituel, le développement cognitif, la réflexion, les loisirs et les expériences esthétiques » (MEA, 2003), à savoir : « la diversité culturelle, les valeurs spirituelles et religieuses, les systèmes de connaissances, les valeurs éducatives, l'inspiration, les valeurs esthétiques, les relations sociales, le sens du lieu, les valeurs du patrimoine culturel et les loisirs et l'écotourisme ». Il existe un nombre croissant d'études consacrées à la relation entre services écosystémiques culturels et planification marine côtière (par exemple, RUIZ-FRAU *et al.*, 2013 et GUERRY *et al.*, 2012), et présentant des outils innovants pour intégrer les services écosystémiques culturels dans le contexte de la PSM (MCKINLEY *et al.*, 2019).
- 23 Le concept de paysage marin représente un sentiment de connexion entre l'environnement marin côtier et l'individu/la société ; il explique comment les gens

interagissent et utilisent cet environnement sur la base de multiples valeurs, attitudes, perceptions, croyances et expériences. Il est clair que ce concept constitue également un défi pour la planification de l'espace maritime, en raison de la difficulté à saisir les visions hétérogènes et à les prendre en compte dans le processus de planification. D'autre part, le paysage marin fournit un point de départ pour améliorer la compréhension de l'engagement du public, en générant les concepts interconnectés de citoyenneté marine et d'éducation à l'océan, qui incitent à une société plus consciente de l'importance du milieu marin, ce qui entraîne *in fine* un changement positif de comportement (MCKINLEY *et al.*, 2019).

- 24 L'intégration de la notion de bien-être au sein de la PSM est également liée à l'objectif d'engagement public, mais en vue d'améliorer la qualité de vie des hommes (STIGLITZ *et al.*, 2009). Au-delà des cartes, il est attendu que la PSM produise un plus grand bien-être des personnes – un idéal loin de celui de prospérité économique – qu'il importe d'évaluer et de matérialiser (MCKINLEY *et al.*, 2019). D'autre part, ces auteurs affirment qu'en dépit des objectifs internationaux et de l'importance croissante accordée à l'élément « humain » dans les interactions au sein de la gouvernance environnementale, le manque de compréhension de son fonctionnement affecte l'efficacité de la planification de l'espace maritime. En conclusion de leurs travaux, McKinley *et al.* font des recommandations pour surmonter les défis associés aux facteurs socioculturels dans la planification marine côtière, suggérant en somme une plus grande compréhension et inclusion des concepts discutés dans la pratique de la PSM, avec une attention particulière aux différentes échelles et épistémologies ainsi qu'à d'autres facteurs. Selon leurs remarques finales, « c'est pourtant la dimension socioculturelle et les concepts clés explorés [...] qui constituent souvent la base pour mobiliser le public au sein du processus de planification et démontrer la pertinence sociétale de la PSM » (MCKINLEY *et al.*, 2019).
- 25 En outre, l'ensemble de ces concepts contribue à l'élaboration d'une PSM globale, qui exige que toutes les valeurs associées à l'espace marin côtier soient prises en compte dans une approche holistique, y compris les aspects écologiques, sociaux et économiques liés à l'éventail des ressources et des services fournis par l'océan, ainsi que la variété des utilisations extractives et non extractives (et leurs degrés d'impact respectifs). Il existe une multitude d'options et de perspectives pour améliorer la gouvernance des océans et la planification de l'espace maritime par le biais de la participation du public et l'engagement des communautés traditionnelles ; les activités récréatives marines côtières offrent des outils innovants compte tenu de l'expertise de ces acteurs. La protection des sites de surf, en tenant compte de leurs valeurs naturelles, sociales et économiques, apparaît comme l'une d'entre elles. Ainsi, il importe de présenter l'importance des *surf breaks* (spots de surf) à des fins variées ainsi que les initiatives en cours pour les protéger et la nécessité d'intégrer cette question dans le programme de la PSM.

Surf breaks : ressources naturelles, valeurs sociales et économiques

L'origine des vagues surfables

- 26 Les *surf breaks* constituent une ressource rare et limitée, formée par des caractéristiques naturelles complexes (SKELLERN *et al.*, 2013). La déclaration de politique côtière de la Nouvelle-Zélande les décrit comme « une caractéristique naturelle composée de la houle, des courants, des niveaux d'eau, de la morphologie du fond marin et du vent », qui donne naissance à une « vague surfable » (NZCP, 2010). Elles se rencontrent dans la zone marine côtière, à la transition entre la haute mer et la zone où les vagues se forment en raison de la combinaison des caractéristiques hydrodynamiques (vagues, courants et marées), de la morphologie du fond marin et du régime des vents. La profondeur, par exemple, est l'un des principaux facteurs physiques qui régissent le déferlement des vagues.
- 27 Un *surf break* comprend le « couloir de la houle », le déplacement de la houle et la morphologie du fond marin de ce couloir de houle, jusqu'au point où les vagues se dissipent et deviennent non surfables. Le couloir de la houle désigne la région au large d'un brisant où la houle océanique se déplace et se transforme en une « vague surfable ». Il s'agit d'une vague qui peut être attrapée et surfée. Les vagues surfables ont un point de rupture qui s'écoule le long de la crête de la vague non brisée, de sorte que le surfeur est propulsé latéralement le long de la crête de la vague (HUTT, 1997 ; MEAD et BLACK, 2001).
- 28 Ces caractéristiques s'étendent sur des échelles de temps courtes et longues et peuvent être d'origine humaine ou naturelle (REIBLICH et REINEMAN, 2018). En termes écologiques, ces caractéristiques sont responsables de la stabilisation du littoral et du contrôle des sédiments, de la protection des brise-lames et des digues, de la composition des paysages marins, des ressources vivantes et non vivantes, et servent d'habitat, notamment lors de l'évolution des récifs coralliens et des formations rocheuses.

Les *surf breaks* : de nombreux services pour les humains

- 29 Différentes sortes d'activités ont été développées sur/autour des *surf breaks* (THOMPSON, 2007 ; STOCKER et KENNEDY, 2009), dont certaines à des fins économiques, par exemple le tourisme et l'industrie des sports nautiques. En outre, elles sont également représentatives de valeurs sociales (valeurs spirituelles/religieuses, connaissances, patrimoine/diversité culturelle, sens du lieu, valeurs esthétiques, relations sociales, etc.), d'usages récréatifs, non seulement pour les surfeurs, mais aussi pour tous les amateurs de plage.
- 30 Les *surf breaks* sont importants pour maintenir l'équilibre entre les environnements océaniques et terrestres pour les générations actuelles et futures, en tenant compte des relations et perspectives sociales, culturelles et économiques et en protégeant la biodiversité (SANTOS et BLACKWELL, 2020). Des initiatives visent la définition de stratégies pour les protéger. En effet, les *surf breaks* ont une histoire singulière dans les carrières de surfeurs et constituent également un point de rassemblements important pour la socialisation, la compétition, la culture et l'économie des surfeurs ; ces zones sont

importantes pour le surf et, plus largement, pour la société, mais elles sont peu connues (LAZAROW et OLIVE, 2017). Les connaissances de certains surfeurs ont contribué à améliorer les approches d'étude des vagues et de l'environnement côtier concernant les vagues et l'environnement côtier (BOUNDY, 2008 ; BREWIN *et al.*, 2015 ; REINEMAN *et al.*, 2017) et les vagues sont très sensibles aux changements, naturels ou non, de l'environnement côtier (REIBLICH et REINEMAN, 2018).

- 31 Tous les surfeurs ne sont pas forcément des militants de l'environnement qui participeraient à des actions de protection de l'environnement dans le monde entier (HILL et ABBOTT, 2009 ; LAZAROW et OLIVE, 2017). Compte tenu des particularités de ces zones marines côtières, les services environnementaux fournis par les « écosystèmes du surf » ne sont pas seulement importants pour les surfeurs, mais aussi pour les communautés locales du fait de l'amélioration du contexte économique et social liée à cette activité. Dans ce sens, sont à la fois nécessaires une approche *top-down* de la part des décideurs gouvernementaux et une approche *bottom-up* incluant la participation des communautés locales (LAZAROW et OLIVE, 2017 ; SILVA *et al.*, 2015) par le biais de l'innovation et d'un effort spécifique pour protéger efficacement la biodiversité (SANTOS et BLACKWELL, 2020).
- 32 En effet, tout en privilégiant une approche *bottom-up*, les initiatives menées par les citoyens jouent un rôle important dans la protection et la restauration de la biodiversité. Elles sont généralement menées (1) par des organisations non gouvernementales (ONG) qui apportent un soutien politique et un activisme en faveur d'une meilleure gouvernance et (2) par les philanthropes de l'environnement et les bénévoles des communautés qui apportent des avantages importants à l'environnement. La bonne gestion par les individus reste indispensable (SANTOS et BLACKWELL, 2020).
- 33 Le surf génère environ 4 milliards US \$ à l'échelle mondiale (MCGREGOR et WILLS, 2017). Des travaux récents s'intéressent à l'économie du surf dans différentes régions du monde : South Stradbroke Island, Australie (LAZAROW et NELSEN, 2007), Mundaka, Espagne (MURPHY et BERNAL, 2008), Gold Coast, Australie (LAZAROW, 2009), Half Moon Bay, États-Unis (DURHAM et DRISCOLL, 2010), Trestles, États-Unis (NELSEN *et al.*, 2013), Uluwatu, Indonésie (MARGULES *et al.*, 2014), Pichilemu, Chili (WRIGHT *et al.*, 2014), Huanchaco, Pérou (HODGESB, 2015), Bahia de Todos os Santos, Mexique (HODGESA, 2015), et Guarda do Embau, Brésil (BOSQUETTI et SOUZA, 2019).
- 34 L'économie du surf, ou « surfonomie » analyse les données relatives aux revenus liés à cette activité – en tenant compte des normes et de la qualité des vagues surfables à l'aide de différentes méthodologies dans les zones de surf où se produisent les déferlantes. Que ce soit dans des pays en développement ou développés, l'approche « surfonomique » vise à évaluer l'importance des vagues, du « style de vie » de la culture de la plage (PLUMMER, 1974) et des écosystèmes du surf, ainsi que la manière dont ces derniers pourraient être menacés avec tous les impacts socio-économiques que cela pourrait engendrer.
- 35 Quelles que soient les vagues de surf considérées dans le monde – de faible qualité, de haute qualité ou de classe mondiale – et leurs atouts naturels, l'amélioration des revenus économiques est observée à des échelles variées. Toutefois, si la qualité des vagues de surf varie en un lieu (par exemple avec la création artificielle d'un nouveau

surf break), des impacts économiques négatifs ou positifs peuvent s'observer jusqu'à un rayon de 50 km autour de ces lieux (MCGREGOR et WILLS, 2017).

- 36 Néanmoins, même si le surf est considéré comme une activité à faible impact (SANTOS et BLACKWELL, 2020), il induit des impacts négatifs tels que ceux liés à l'industrie/aux entreprises de surf, à la faible participation des surfeurs à la protection de ces lieux naturels et libres d'accès (ils sont alors considérés comme des « consommateurs irresponsables »), au manque de considération des vagues comme ressource renouvelable (RYAN *et al.*, 2015 ; HEMER *et al.*, 2017), au tourisme de surf non durable (PONTING *et al.*, 2005), à la contamination par les produits chimiques issus de l'industrie des équipements de surf, à l'incompatibilité et aux conflits avec les autres cultures de plage ou même avec les activités marines côtières (THOMPSON, 2007 ; STOCKER et KENNEDY, 2009), etc.

Prise en compte des *surf breaks* dans la PSM

- 37 La planification spatiale marine accorde peu d'attention aux activités de loisirs. Les références au surf y sont en effet rares. Toutefois, le *Guide international de la planification de l'espace marin* de la Commission océanographique intergouvernementale de l'Unesco (COI-Unesco) mentionne le surf comme une activité humaine dans l'environnement marin (voir l'étape 5 de son approche de la PSM). Ce guide mentionne également que cette activité pourrait être incluse comme un exemple de gestion de l'espace par les secteurs récréatifs (voir l'étape 7, UNESCO, 2009). Certains pays ont pris en considération le surf, notamment ceux ayant déjà des stratégies de gestion de l'espace marin ou encore ceux connus pour leurs vagues de haute qualité ou de classe mondiale, à savoir l'Australie, le Brésil, le Chili, le Costa Rica, le Salvador, l'Équateur, la France, l'Indonésie, le Mexique, le Maroc, la Nouvelle-Zélande, le Nicaragua, le Panama, le Pérou, le Portugal, l'Afrique du Sud, l'Espagne et les États-Unis d'Amérique. Sport olympique, le surf est également considéré comme une activité de loisir populaire prenant racine dans la culture côtière, avec des impacts économiques et culturels importants et des effets souvent profonds sur les surfeurs (REIBLICH et REINEMAN, 2018).
- 38 La capacité de la PSM à gérer les zones marines côtières pourrait être importante pour les activités à fort impact, telles que l'exploration/l'exploitation pétrolière, la surpêche, l'exploitation minière, l'urbanisation désordonnée, etc., et pour leurs améliorations économiques ; elle pourrait être également utile pour recréer des normes durables pour les activités récréatives, notamment pour le surf, en évitant les impacts sur l'accès aux plages (REBLISH et REINEMAN, 2019). La PSM pourrait également avoir la capacité de prendre en compte les aspects naturels, sociaux et culturels et améliorer l'efficacité du principe de participation (SILVA et DUTRA *et al.*, 2016a) ainsi que la mise en œuvre de processus de planification plus équitables (FLANNERY et MCATEER, 2020).
- 39 Étant donné les différentes caractéristiques des écosystèmes des *surf breaks*, quel(s) objectif(s) viserait leur prise en compte dans la PSM ? S'agit-il de la conservation de la nature ou de générer des bénéfices économiques liés au surf ? Est-il nécessaire de maintenir cette activité et de classer ces zones comme des sites naturels sacrés ? La réponse concernant les fonctionnalités des écosystèmes des *surf breaks* à prendre en compte dans la PSM devrait être simple et nécessiter une approche multidisciplinaire et systémique. Toutefois, aucun consensus n'existe sur l'objectif principal de la PSM dans la littérature (FLANNERY et MCATEER, 2020).

- 40 La planification de l'espace maritime s'est concentrée à ses débuts, vers la fin des années 1970, sur les aires marines protégées afin d'améliorer leur efficacité et éviter les menaces et les impacts négatifs liés aux activités humaines sur les environnements marins (FOLKE *et al.*, 2005) : marinas, ports, jetées, brise-lames, urbanisation, pollution industrielle et ruissellement, plateformes pétrolières, exploitation minière des fonds marins, industries du transport maritime, surpêche, accaparement des océans, changement climatique, accès aux plages, etc.
- 41 Actuellement, le terme « marin » concerne plutôt la biodiversité des zones marines côtières (environnement naturel) alors que le terme « maritime » met l'accent sur les relations économiques entre les activités maritimes, commerciales ou militaires (EHLER *et al.*, 2019) ; ce dernier terme est toutefois critiqué comme incitant à une planification post-politique dominée par la logique du néolibéralisme et qui compromet la participation à la prise de décision relatif à la planification spatiale (CLARKE et FLANNERY, 2019).
- 42 Dans ce contexte, les initiatives de PSM se sont développées dans le monde entier, par le biais de processus dirigés par des gouvernements et des institutions non gouvernementales, en tenant compte des aires marines protégées, des politiques de gestion des zones côtières et d'autres cadres juridiques et administratifs, ainsi que des caractéristiques locales de l'environnement marin et des activités maritimes (JAY, 2017). Toutefois, bien que plusieurs pays aient mis en place des aires marines protégées (MARINE CONSERVATION INSTITUTE, 2020), qui devraient être prises en compte dans les stratégies de PSM, les activités récréatives à faible impact basées sur la nature (par exemple, le surf) ne reçoivent pas la même attention.
- 43 Par exemple, l'Union européenne a élaboré la directive 2014/89/UE 13e qui mentionne la nécessité d'établir des plans des espaces maritimes en tenant compte d'une série de pressions telles que les activités humaines, les effets du changement climatique, les risques naturels et la dynamique du littoral (l'érosion et l'accrétion).
- 44 La perception des activités récréatives basées sur la nature semble encore exclusivement liée au tourisme. Le processus ou les initiatives de PSM pourraient aller au-delà, en considérant les *surf breaks* comme des ressources naturelles limitées et rares, et les vagues comme des ressources naturelles pouvant avoir une personnalité juridique, comme c'est déjà le cas au Pérou (SCHESKE *et al.*, 2019 ; MONTEFERRI *et al.*, 2019).
- 45 Il existe une diversité de *surf breaks* dans de nombreux pays qui reconnaissent leur importance pour l'environnement, l'économie et le maintien des cultures marines côtières, comme au Costa Rica, au Salvador, en Équateur, en Indonésie, aux Maldives, au Maroc, au Mexique, au Nicaragua, au Panama, au Portugal, en Afrique du Sud, en Uruguay (ORFILA, 2020), aux États-Unis d'Amérique, au Royaume-Uni, etc. Il existe également des textes juridiques spécifiques visant la protection des zones marines ou/et terrestres telles que la déclaration de politique côtière de la Nouvelle-Zélande (NZCPS) de 2010¹, la loi sur la préservation des vagues destinées à la pratique sportive² au Pérou (loi n° 27280/2000 et décret suprême n° 015-2013/2013) ainsi qu'une série de lois en Australie (États de New South Wales et Victoria) (SANTOS et BLACKWELL, 2020) et quelques initiatives de cadres juridiques au Brésil, au Chili (SANTOS, 2018) et sur la Gold Coast en Australie (QUEENSLAND GOVERNMENT, 2020b). Certains de ces textes juridiques sont décrits ci-après en lien avec les initiatives de PSM.

Initiatives de PSM et protection des sites de surf

Nouvelle-Zélande

- 46 La Nouvelle-Zélande n'a pas élaboré de PSM à l'échelle nationale. Cependant, un document régional a été élaboré en 2016 qui englobe le parc marin du golfe de Hauraki où il existe quelques *surf breaks* mais pas ceux qui sont considérés officiellement comme étant « d'importance nationale ». Le cadre juridique néo-zélandais pour la gouvernance des océans est composé des principes de gestion des océans développés dans le cadre du Resource Management Act (RMA) de 1991, du New Zealand Coastal Policy Statement (NZCPS) de 2010 et de la zone économique exclusive (ZEE) de 2012 (SCOTT, 2016).
- 47 La déclaration de politique côtière de la Nouvelle-Zélande de 2010 (NZCPS, 2010) fait suite à une demande sociétale (SURF BREAK PROTECTION SOCIETY, 2006, 2008). Elle comporte parmi ses mesures une politique spécifique visant à protéger les *surf breaks* d'importance nationale : « Protéger les *surf break* d'importance nationale pour le surf énuméré dans l'annexe 1 : (a) en veillant à ce que les activités menées dans l'environnement côtier n'aient pas d'effets négatifs sur les déferlantes ; et b) en évitant les effets négatifs d'autres activités sur l'accès aux déferlantes, leur utilisation et leur jouissance » (mesure 16). En outre, la NZCPS de 2010 présente une mesure concernant la planification stratégique (mesure 7) et la loi prévoit également « qu'elle doit être appliquée par les personnes exerçant des fonctions et des pouvoirs en vertu de la loi ». La Nouvelle-Zélande dispose d'un grand nombre de *surf breaks* de haute qualité et de qualité mondiale (ORCHARD, 2020). Par conséquent, même si elle ne dispose pas de PSM ou si elle n'a pas pris en compte sa variété de *surf breaks* dans le cadre du NZCPS, il est possible de créer des initiatives et des politiques de gestion des côtes marines liées au programme de protection des *surf breaks*.

Pérou

- 48 Il n'existe toujours pas de PMS au Pérou. Cependant, la récente politique maritime nationale 2019-2030³ s'oriente vers une économie durable et prévoit des dispositions légales pour protéger les vagues et les déferlantes⁴. Il s'agit du premier acte juridique au monde visant la protection des vagues et des zones adjacentes, et à les définir comme patrimoine naturel et propriété de l'État péruvien (SCHESKE *et al.*, 2019). C'est également le premier acte juridique à considérer les vagues comme une entité légale une fois enregistrées par la marine péruvienne (Direction générale des ports et des garde-côtes, registre national des vagues⁵).
- 49 La loi ne relève pas du cadre environnemental légal des aires protégées, gérées par le ministère de l'Environnement, mais elle relève de la responsabilité de la Marine, qui fait partie du ministère de la Défense. La Marine gère l'attribution des droits d'utilisation des zones aquatiques (SCHESKE *et al.*, 2019) et a pris la tête des initiatives visant à développer un plan stratégique multisectoriel jusqu'en 2024, couvrant les aspects liés à la PSM⁶. Il existe ainsi des possibilités de lien entre la PSM et l'agenda de protection des *surf breaks* au Pérou. De plus, ce cadre de gouvernance juridique, associé à une multitude d'actes juridiques marins et environnementaux, peut stimuler le développement de stratégies péruviennes de PSM prenant en compte la nécessité d'une bonne gouvernance et gestion des zones marines côtières où les pratiques récréatives,

comme le surf, ont été appropriées par les communautés locales et ont contribué à l'environnement naturel, à l'économie bleue et à la culture.

Chili

50 La PSM n'y a toujours pas été adoptée. Le Chili fait partie des vingt premiers pays offrant un nombre considérable de *surf breaks* (MCGREGOR et WILLS, 2017), bien qu'il n'y ait pas de législation spécifique pour les protéger. Néanmoins, deux exemples récents de bonne gouvernance en vue de protéger des *surf breaks* existent dans le cadre légal des aires marines protégées chiliennes, sous la direction d'une coalition de parties prenantes :

- Tout d'abord, Punta del Lobos *surf break* a été certifié comme réserve mondiale de surf par Save The Waves (STW). Par ailleurs, en vertu de la loi chilienne n° 20.930-2016, l'ONG Fundación Punta de Lobos a été fondée pour acquérir des propriétés côtières marines et les gérer à des fins de conservation (SCHESKE *et al.*, 2019). En outre, le droit réel de l'État sur la zone de Mirador a été transmis à perpétuité à la World Surfing Reserve (WSR) de Punta del Lobos sous conditions contraignantes, afin de protéger ses écosystèmes, quel que soit le propriétaire foncier⁷.
- Ensuite, l'ONG Fundación Rompientes a développé une initiative dont l'objectif principal est de dialoguer avec les pêcheurs concernant la protection des *surf breaks* à l'intérieur des zones de gestion des ressources benthiques (AMERB), sur la base des quotas définis dans les plans de gestion, et en recherchant des opportunités économiques pour les pêcheurs par le biais du tourisme de surf. Les droits territoriaux pour la pêche (Turf-Surf) et l'AMERB-Surf comprennent la protection de six *surf breaks* chiliens situés dans le sanctuaire marin de Piedra del Viento (SANTOS, 2020), une aire marine protégée approuvée par le Conseil ministériel de l'environnement chilien en vertu de l'article 31 titre VII de la loi chilienne n° 17288 (CHILE, 2020).

51 L'élaboration d'un document de PSM ne semble pas encore faire partie des priorités du gouvernement chilien alors que les zones marines côtières chiliennes sont menacées et malgré leur importante biodiversité, leurs nombreux intérêts culturels, ainsi qu'un potentiel considérable de développement économique durable (AGUILERA *et al.*, 2019). Il est donc urgent de créer et de consolider le programme de protection des zones de déferlement et d'améliorer les initiatives de protection de ces zones, afin de les rendre plus efficaces et de les relier au programme mondial de développement durable de la PSM.

Espagne

52 L'Espagne progresse vers le développement d'une PSM nationale. Les projets de PSM ont été finalisés en 2021, y compris le projet d'arrêté royal d'approbation de ces plans et l'étude d'évaluation environnementale stratégique. Par la suite, le gouvernement espagnol a lancé une consultation publique sur la proposition de PSM, ainsi qu'une consultation transfrontalière avec les pays voisins (France, Portugal et Italie). Les dernières versions de ces projets ont été soumises à l'administration de l'environnement qui a ensuite publié le rapport environnemental stratégique, en vue de l'approbation des plans par arrêté royal. L'ensemble de ce processus devrait être conclu dans les premiers mois de 2022⁸. Selon le résumé exécutif de ces plans de PSM,

les objectifs de planification indiquent un engagement clair pour la protection des *surf breaks*, en raison de l'importance de cette ressource pour le tourisme et les activités récréatives (ESPAÑA, 2021). Le *surf break* de Mundaka a ainsi reçu une protection légale en 2016 (décret 139 du gouvernement basque), devenant ainsi le premier à obtenir ce statut en Europe. La protection considère les singularités de la vague comme un patrimoine naturel et comme faisant partie de la réserve de biosphère d'Urdaibai, sur la côte du golfe de Gascogne, au nord de la péninsule ibérique (Gouvernement basque, décret 139/2016 ; TRUEBA et RODRIGO, 2021).

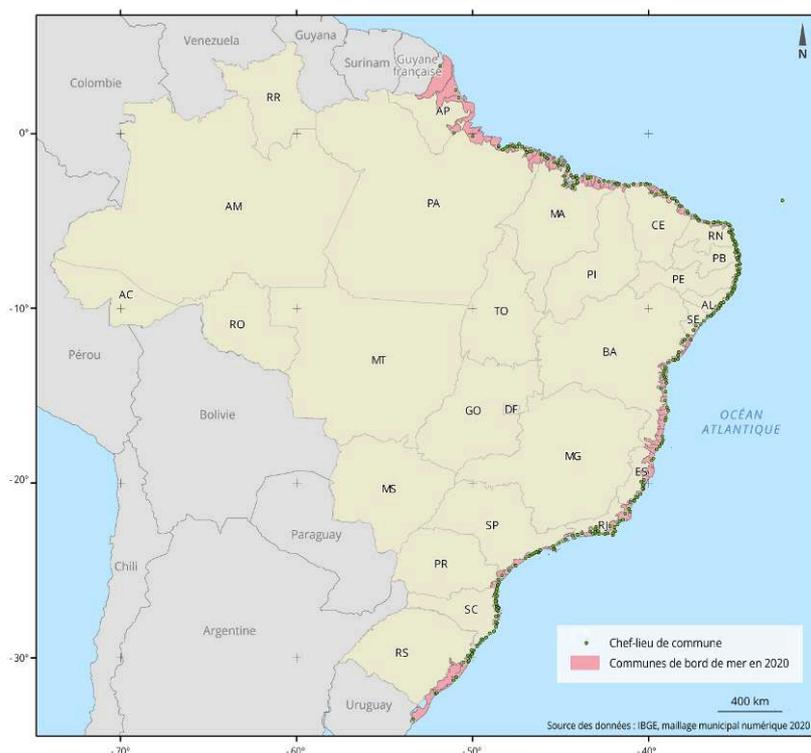
Australie

- 53 L'Australie dispose d'un cadre juridique diversifié en ce qui concerne les questions relatives à la mer côtière (MSP GLOBAL, 2020), avec quelques exemples clés de planification tels que le Great Barrier Reef Marine Park Act 43 de 1975, le plan biorégional marin pour la région marine du Nord-Ouest, le plan biorégional marin pour la région marine du Nord, le plan biorégional marin pour la région marine du Sud-Ouest, le plan biorégional marin pour la région marine de l'Est tempéré et la région marine du Sud-Est (SCOTT, 2016). Le pays est considéré comme le meilleur endroit au monde pour surfer (PIERSON, 2018). C'est également le premier pays à présenter un modèle de réserve récréative de surf - terrestre - (Bells Beach Surfing Recreation Reserve en 1973) et un programme national de réserves de surf. L'Australie détient également le plus grand nombre de certificats du World Surfing Reserve (WSR) - principalement deux plages, Gold Coast et Noosa (SANTOS, 2018).
- 54 En vertu de la loi sur les réserves de terres de la Couronne de 1978, la réserve récréative de surf de Bells Beach se situe dans la région marine du Sud-Est (COMMONWEALTH OF AUSTRALIA, 2015), autour du parc marin de Point Addis et du parc national de Great Otway. Elle est gérée par le comté de Surf Coast. Sa gouvernance et sa politique sont régies par la loi de 1995 sur la gestion des côtes, le projet de plan côtier régional de l'Ouest 2015-2020, la loi de 2006 sur le patrimoine aborigène de Victoria, les règlements de 2007 sur le patrimoine aborigène et la loi de 1995 sur le patrimoine qui inclut Bells Beach dans le patrimoine culturel de l'État de Victoria (SANTOS, 2018).
- 55 La ville de Gold Coast a présenté en 2015 un outil innovant - le Gold Coast Surf Management Plan - qui couvre 52 km de déferlantes autour de la Gold Coast World Surfing Reserve (GCWSR). Ce plan vise à équilibrer les intérêts des cultures de la plage et ceux de l'océan en montrant que leurs plages sont ouvertes et inclusives tout en restant saines et propres. Ce plan vise également à mettre en place les meilleures pratiques mondiales en matière de stratégies de gestion côtière pour préserver et à améliorer les équipements de surf en reconnaissant le rôle clé que celui-ci joue dans l'économie, la culture, la vie sportive et le capital social de la ville (CITY OF GOLD COAST, 2015). Récemment, l'État du Queensland a également entamé un processus visant à créer une législation spécifique concernant ses deux réserves mondiales de surf, GCWSR et Noosa (QUEENSLAND GOVERNMENT, 2020b).
- 56 L'Australie dispose d'un fort potentiel pour relier ces initiatives aux PSM nationales ou régionales, et pour montrer comment la protection des *surf breaks*, stimulée par les surfeurs (REINEMAN, 2016), pourrait aider à améliorer des politiques de gestion marine côtière durable ailleurs dans le monde.

Brésil

- 57 Le Brésil, État fédéral, compte 17 États côtiers et 279 municipalités côtières couvrant une superficie moyenne de 10 900 km (IBGE, 2020) (fig. 2). Le Brésil s'est engagé dans le cadre de la Conférence des Nations unies sur les océans de 2017 à mettre en œuvre une PSM à l'horizon 2030, de sorte qu'un programme national de PSM a pris progressivement de l'importance au cours des dernières années. La Commission interministérielle pour les ressources marines (CIRM), qui coordonne les actions de la politique nationale pour les ressources de la mer, a créé en 2013 un groupe de travail sur les usages partagés du milieu marin (GT-Ucam) (résolution n° 1/2013). En 2014, dans le cadre du GT-Ucam, le sous-groupe de planification spatiale marine (PSM) a été formé afin de proposer des lignes directrices, des outils et des méthodologies, pour appuyer la prise de décision liée aux activités du GT-Ucam. En 2017, ce groupe a établi une feuille de route vers un processus national de planification de l'espace marin. En 2020, le décret fédéral n° 10 544 a promulgué le X^e Plan sectoriel pour les ressources maritimes, avec comme objectif la promotion de l'utilisation partagée des ressources marines par la mise en œuvre d'une PSM globale.
- 58 En effet, la PSM intègre définitivement le programme de la politique brésilienne sur les ressources océaniques et maritimes. Néanmoins, les actions gouvernementales manquent pour coordonner une gouvernance participative afin de relever les défis et les opportunités d'une PSM nationale. Au niveau régional, quelques initiatives de PSM *bottom-up* ont été conçues et mises en œuvre, comme celle de la baie de Babitonga (GERHARDINGER *et al.*, 2019 ; HERBST *et al.*, 2020). Compte tenu de cette expérience limitée, le Brésil est en retard par rapport aux programmes internationaux en matière de PSM (GERHARDINGER *et al.*, 2019). D'une part, cela pourrait entraver l'inclusion de toutes les parties prenantes et de l'ensemble des activités dans le programme brésilien de PSM, en particulier la protection des zones de surf. D'autre part, un large champ démocratique reste encore à construire dans ce pays pour une reconnaissance de toutes les activités qui contribuent au développement durable.

Figure 2 . États côtiers et municipalités du Brésil



Source : IBGE (2020)

- 59 Par ailleurs, un *surf break* brésilien a récemment été reconnu par STW comme l'une des 11 réserves mondiales de surf (Guarda do Embaú Word Surfing Reserve, État de Santa Catarina). Il existe également un grand nombre d'actes juridiques concernant les environnements marins côtiers, qui peuvent être utilisés comme cadre juridique pour établir des liens entre le droit de l'environnement, les politiques intégrées relatives aux océans et les initiatives de gouvernance axées sur l'inclusion des loisirs et des activités à faible impact – comme le surf – dans les stratégies de planification brésiliennes (SANTOS et BLACKWELL, 2020).
- 60 La Constitution brésilienne présente un chapitre spécifique (article 225) sur les questions environnementales qui souligne le devoir de chaque unité de la fédération – Union, États membres et municipalités – de créer des zones protégées. Ceci représente une réelle opportunité pour mettre en place des cadres juridiques innovants concernant des zones spécifiques ou même de petits (surf)écosystèmes comme, par exemple, le programme de protection des *surf breaks*. SILVA *et al.* (2016a) ont ainsi mis en évidence certains *surf breaks* brésiliens situés dans des unités de conservation fédérales comparables à des aires protégées brésiliennes (système national des unités de conservation⁹, loi fédérale n° 9 985/2000). Ces *surf breaks* présentent un potentiel pour devenir des réserves de surf selon les critères du programme « World Surfing Reserves » de STW : (1) qualité et constance des vagues ; (2) caractéristiques environnementales importantes ; (3) culture et histoire du surf ; (4) capacité de gouvernance et soutien local ou à inclure dans les plans/stratégies de gestion des unités de conservation (fédérales, régionales ou locales).

- 61 L'inclusion de la réserve mondiale de surf Guarda do Embaú dans le plan de gestion de l'aire marine protégée de la zone fédérale de protection environnementale appelée *Área de Proteção Ambiental (APA) da Baleia Franca* (ICMBIO, 2018) dans le sud du Brésil, constitue un bon exemple d'intégration de différentes mesures en vue de protéger les environnements marins côtiers. Indépendamment du fait qu'il n'existe toujours pas de législation spécifique pour protéger ses *surf breaks*, le Brésil dispose de suffisamment d'actes juridiques – issus du droit environnemental, administratif et urbain appliqué par la jurisprudence – pour protéger ces sites. En effet, un cadre de gouvernance juridique cherchant à être lié à un programme brésilien de planification spatiale marine doit prendre en compte de nouveaux modèles d'utilisation des espaces marins et de ses ressources. La gestion de petites zones marines côtières serait alors rendue possible par des initiatives innovantes provenant d'activités de loisirs à faible impact, comme le surf, et par le biais d'un programme de protection des *surf breaks*.

Conclusion : la reconnaissance des usages des *surf breaks* dans l'agenda de la PSM

- 62 L'intégration des valeurs socioculturelles dans la prise de décision se heurte à la difficulté d'utiliser des méthodes d'évaluation acceptables dans un cadre décisionnel. Les valeurs partagées et la délibération entre parties prenantes sur ces valeurs offrent des moyens pour prendre en compte toute une série de valeurs culturelles profondément ancrées dans la société, parallèlement à d'autres approches d'évaluation des services écosystémiques nécessaires à la PSM.
- 63 Toutes ces valeurs associées à l'espace marin côtier devraient être considérées dans une approche holistique, y compris les services écosystémiques fournis par l'océan, notamment ceux culturels.
- 64 Dans ce contexte, les *surf breaks*, qui peuvent être protégés par des mécanismes juridiques ou volontaires, doivent être pris en compte dans la PSM en tenant compte de la participation des citoyens.
- 65 Des améliorations dans la façon dont nous gouvernons et gérons les écosystèmes et les ressources naturelles sont nécessaires pour lutter contre l'inégalité et la pauvreté, éviter les conflits et, ainsi, améliorer le bien-être des hommes, leurs moyens de subsistance ainsi que les possibilités de développement.

BIBLIOGRAPHIE

AGUILERA M. A., ABURTO J. A., BRAVO L., BROITMAN B. R *et al.*, 2019

« Chile: environmental status and future perspectives ». In Sheppard C. (ed.) : *World seas: an environmental evaluation*. 2^e édition, Cambridge, Academic Press : 673-702.

BALL S., 2015

The green room: a surfing-conscious approach to coastal and marine management. *UCLA Journal of Environmental Law and Policy*, 33 (2) : 366-404.

BECKER-WEINBERG V., 2017

Preliminary thoughts on marine spatial planning in areas beyond national jurisdiction. *International Journal of Marine and Coastal Law*, 32 (3) : 570-588.

BENNETT N. J., 2018

Navigating a just and inclusive path towards sustainable oceans. *Mar. Pol.*, 97 (2018) : 139-146.

Bennett N. J., Govan H., Satterfield T., 2015

Ocean grabbing. *Mar. Pol.*, 57 : 61-68.

BOSTRÖM M. A., 2012

Missing pillar? Challenges in theorizing and practicing social sustainability. *Sustain. Sci. Pract. Policy*, 8 : 3-14.

BOSQUETTI M. A., SOUZA M. A., 2019

Surfonomics guarda do embaú, Brazil: the economic impact of surf tourism on the local economy. Florianópolis, UFSC, 25 p.

BOUNDY G., 2008

How to provide for surfing as a legitimate activity in regional plans. Mémoire en gestion des ressources et planification environnementale, Palmerston North, Massey University.

BREWIN R. J. W., DE MORA L., JACKSON T., BREWIN T. G., SHUTLER J., 2015

On the potential of surfers to monitor environmental indicators in the coastal zone. *PLoS ONE*, 10 (7) : e0127706.

CITY OF GOLD COAST, 2015

Gold Coast surf management plan. City of Gold Coast. <https://www.goldcoast.qld.gov.au/files/sharedassets/public/pdfs/policies-plans-amp-strategies/surf-management-plan.pdf>

CHILE, 2020

Consejo de Ministros para la Sustentabilidad aprueba creación de Santuario de la Naturaleza Piedra del Viento – Topocalma en Litueche. Ministerio del Medio Ambiente, 21 août. <https://mma.gob.cl/consejo-de-ministros-para-la-sustentabilidad-aprueba-creacion-de-santuario-de-la-naturaleza-piedra-del-viento-topocalma-en-litueche/>

COI-UNESCO, n. d.

MSPglobal. Peru's new maritime policy marks a step towards a sustainable blue economy on the way to 2030. <http://www.mspglobal2030.org/perus-new-maritime-policy-marks-a-step-towards-a-sustainable-blue-economy-2030/>

COMMONWEALTH OF AUSTRALIA, 2015

South-east marine region profile: a description of the ecosystems, conservation values and uses of the South-east Marine Region.

DAY J. C., 2002

Zoning-lessons from the Great Barrier Reef marine park. *Ocean & Coastal Management*, 45 (2-3) : 139-156.

DURHAM W. H., DRISCOLL L., 2010

The value of a wave. An analysis of the Mavericks Wave from an ecotourism perspective. Half Moon Bay, Save The Waves Coalition/Center for Responsible Travel.

EHLER C., DOUVERE F., 2009

Marine spatial planning: a step-by-step approach toward ecosystem-based management. Paris, Intergovernmental Oceanographic Commission and Man and the biosphere Programme, IOC Manual and Guides 53, Icam Dossier n° 6.

EHLER C., ZAUCHA J., GEE K., 2019

« Maritime/Marine spatial planning at the interface of research and practice ». In Zaucha J., Gee K. (eds) : *Maritime spatial planning*. Cham, Palgrave Macmillan.

ESPAÑA, 2021

Planes de ordenación del espacio marítimo. Resumen ejecutivo. Madrid, Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 45 p.

EUROPEAN MSP PLATFORM, 2017

Maritime spatial planning: addressing land-sea interaction. A briefing paper, Bruxelles, Union européenne, 8 p. http://msp-platform.eu/sites/default/files/20170515_lsibriefingpaper_1.pdf

Falconer L., Hunter D. C., Telfer T. C., Ross L. G., 2013

Visual, seascape and landscape analysis to support coastal aquaculture site selection. *Land Use Policy*, 34 : 1-10.

FENG R., CHEN X., LI P., ZHOU L., YU J., 2016

Development of China's marine functional zoning: a preliminary analysis. *Ocean & Coastal Management*, 131 : 39-44.

Flannery W., Ellis G., Nursey-Bray M., Van Tatenhove J. P. M., Kelly C., Coffen-Smout S., Fairgrieve R., Jentoft S., Bacon D., O'Hagan A. M., 2016

Exploring the winners and losers of marine environmental governance (Edited Interface Collection). *Theory and Practice*. 17 (1) : 121-151.

CLARKE J., FLANNERY W., 2019

The post-political nature of marine spatial planning and modalities for its re-politicisation. *Journal of Environmental Policy and Planning*, 22 (2) : 170-183.

FLANNERY W., MCATEER B., 2020

Assessing marine spatial planning governmentality. *Maritime Studies* 19 : 269-284.

FOLKE C., HAHN T., OLSSON P., NORBERG J., 2005

Adaptive governance of social-ecological systems. *Annual Review of Environment and Resources*, 15 (30) : 441-473.

GERHARDINGER L. C., QUESADA-SILVA M., GONÇALVES L. R., TURRA A., 2019

Unveiling the genesis of a marine spatial planning arena in Brazil, *Ocean & Coastal Management*, 179 (4-5) : 10482.

GUERRY A. D., RUCKELSHAUS M. H. ARKEMA K. K., ET AL., 2012

Modelling benefits from nature: using ecosystem services to inform coastal and marine spatial planning. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management*, 8 (1-2) : 107-121.

GRIMMEL H., CALADO H., FONSECA C., 2019

Integration of the social dimension into marine spatial planning. Theoretical aspects and recommendations. *Ocean Coast. Manag.*, 173 : 139-147.

GUIBERT C., 2014

Les vagues de surf : des convoitises différenciées. Entre patrimonialisation, privatisation et monopolisation. *Terrain*, 63 : 126-141.

HEMER M. A., ZIEGER S., DURRANT T., O'GRADY J., HOEKE R. K., MCINNES K. L., ROSEBROCK U., 2017

A revised assessment of Australia's national wave energy resource. *Renewable Energy*, 114 (A) : 85-107.

HILL L., ABBOTT J. A., 2009

Representation, identity, and environmental action among Florida surfers. *Southeastern Geographer*, 49 (2) : 157-170.

HERBST D. F., GERHARDINGER L. C., VILA NOVA D., GRECCO DE CARVALHO F., HANAZAKI N., 2020

Integrated and deliberative multidimensional assessment of a subtropical coastal-marine ecosystem (Babitonga bay, Brazil). *Ocean & Coastal Management*, 196 : 105279.

HODGES T., 2015a

Economic impact of surfing in the Bahia de Todos Santos, Baja California, Mexico. Santa Cruz, Save The Waves Coalition.

HODGES T., 2015b

The economic impact of surfing in Huanchaco World Surfing Reserve, Peru. Santa Cruz, Save The Waves Coalition.

HUTT, J. A., 1997

Bathymetry and wave parameters denning the surfing quality of five adjacent reefs. Thèse non publiée, University of Waikato, 170 p.

IBGE, 2011

Atlas geográfico das zonas costeiras e oceânicas do Brasil. Rio de Janeiro, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

IBGE, 2020

Anuário estatístico do Brasil, 80. Rio de Janeiro, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

ICMBIO, 2018

Plano de Manejo Área de Proteção Ambiental da Baleia Franca. Brasília, Instituto Chico Mendes De Conservação Da Biodiversidade.

JAY S., 2017

Marine spatial planning assessing net benefits and improving effectiveness. *Issue Paper*, OECD Green Growth and Sustainable Development Forum (GGSD).

Jay S., Klenke T., Ritchie H., Trouillet B., Suárez de Vivero J. L., Claydon J., Queffelec B., Duck R., Erfeling M., Elliott M., Kannen A., Toke D., Reker J., Toonen H., Coccossis H., Alexander K., O'Mahony C., Twomey S., Bolman B., van Tatenhove J., Gipperth L., Hull S., Flannery W., Backer H., Smith H., Glegg G., Janssen H., Twickler S., Henocque Y., Morf A., Thiel A., Krueger I., 2011 *Marine spatial planning research network*. MSP Research Network' Position Paper. <https://msprn.net/downloads/MSP%20Research%20Network%20Statement%20Final.pdf>

JENTOFT S., 2017

Small-scale fisheries within maritime spatial planning: knowledge integration and power. *J. Environ. Policy Plan.*, 19 : 266-278.

JONES P. J. S., LIEBERKNECHT L. M., QIU W., 2016

Marine spatial planning in reality: introduction to case studies and discussion of findings. *Marine Policy*, 71 : 256-264.

JONES R., RIGG C., PINKERTON E., 2017

Strategies for assertion of conservation and local management rights: a Haida Gwaii Herring Story. *Mar. Policy*, 80 : 154-167.

KENTER J. O., HYDE T., CHRISTIE M., FAZEY I., 2011

The importance of deliberation in valuing ecosystem services in developing countries. Evidence from the Solomon Islands. *Global Environmental Change*, 21 : 505-521.

KIDD S., ELLIS G., 2012

From the land to sea and back again? Using terrestrial planning to understand the process of marine spatial planning. *Journal of Environmental Policy and Planning*, 14 (1) : 49-66.

LANGLET D., RAYFUSE R. G. (eds.), 2019

The ecosystem approach in ocean planning and governance: perspectives from Europe and beyond. Leiden, Brill Nijhoff.

LAZAROW N., 2009

Using observed market expenditure to estimate the value of recreational surfing to the Gold Coast, Australia. *Journal of Coastal Research*, Special Issue 56. Proceedings of the 10th International Coastal Symposium ICS 2009, vol. II : 1130-1134.

LAZAROW N., 2010

Managing and valuing coastal resources: an examination of the importance of local knowledge and surf breaks to coastal communities. Thèse de doctorat, Canberra, Australian National University.

LAZAROW N., NELSEN C., 2007

The value of coastal recreational resources: a case study approach to examine the value of recreational surfing to specific locales. *Journal of Coastal Research*, 50 (50) : 12-20.

LAZAROW, N., MILLER M. L., BLACKWELL B., 2009

The value of recreational surfing to society. *Tourism in Marine Environments*, 5 (2-3) : 145-158.

LAZAROW N., OLIVE R., 2017

« Culture, meaning and sustainability in surfing ». In Borne G., Pointing J. (dir.) : *Sustainable surfing*. New York, Routledge : 202-218.

MARGULES T., PONTING J., LOVETT E., MUSTIKA P., PARDEE WRIGHT J., 2014

Assessing direct expenditure associated with ecosystem services in the local economy of Uluwatu, Bali, Indonesia. San Diego, Conservation International Indonesia/Center for Surf Research.

MARINE CONSERVATION INSTITUTE, n. d.

Marine protection atlas. Global marine fishing protection. Seattle, Marine Conservation Institute.
<http://www.mpatlas.org/map/mpas>

MCGREGOR T., WILLS S., 2017

Surfing a wave of economic growth, Working Paper, Sydney, University of Sydney, School of Economics.

MCKINLEY E., ACOTT T., STOJANOVIC T., 2019

« Socio-cultural dimensions of marine spatial planning ». In Zaucha J., Gee K. (eds) : *Maritime spatial planning: past, present, future*. Cham, Springer.

MEA, 2003

Ecosystems and human well-being: a framework for assessment. Millennium Ecosystem Assessment, Washington, Island Press.

MEAD S., BLACK K., 2001

Field studies leading to the bathymetric classification of world-class surfing breaks. *Journal of Coastal Research*, 29 : 5-20.

MONTEFERRI B., SCHESKE C., MULLER M. R., 2019

« The surf breaks legal protection: an option for conservation and development ». In Muller M. R., Oyanedel R., Monteferrri B. (eds.) : *Sea, coastal and fisheries: a comparative overview from Chile, México y Perú*. San Isidro, Sociedad Peruana de Derecho Ambiental : 148-162.

MARGULES T., PONTING J., LOVETT E., MUSTIKA P., WRIGHT J. P., 2014

Assessing direct expenditure associated with ecosystem services in the local economy of Uluwatu, Bali, Indonesia. San Diego, Conservation International Indonesia/Center for Surf Research.

MURPHY M., BERNAL M., 2008

The impact of surfing on the local economy of Mundaka, Spain. Santa Cruz, Save The Waves Coalition.

NATURAL ENGLAND, 2012

An approach to seascape character assessment. Report NECR105. Peterborough, Natural England.

NELSEN C., CUMMINS A., TAGHOLM H., 2013

Paradise lost: threatened waves and the need for global surf protection. Proceedings 12th International Coastal Symposium (Plymouth, England). *Journal of Coastal Research*, Special Issue 65 : 904-908.

OLSSON P., FOLKE C., HUGHES T. P., 2008

Navigating the transition to ecosystem-based management of the Great Barrier Reef, Australia. *PNAS*, 105 (28) : 9489-9494.

OLSEN E., FLUHARTY D., HOEL A. H., HOSTENS K., MAES F., PECCEU E., 2014

Integration at the round table: marine spatial planning in multi-stakeholder settings. *PLoS One*, 9 (10) : e109964.

ORCHARD S., 2020

Legal protection of New Zealand's surf breaks: top-down and bottom-up aspects of a natural resource challenge. *Australasian Journal of Environmental Management*, 27 (01) : 1-16.

ORFILA M., 2020

Proteger las olas: buscan crear reservas de surf en Uruguay. *El País, Vida actual: MedioAmbiente*, 12 juin. <https://www.elpais.com.uy/vida-actual/proteger-olas-buscan-crear-reservas-surf-uruguay.html>

PIERSON D., 2018

The best places to live as a surfer. A (somewhat) scientific look into countries with highest quality of life, and caliber of waves. <https://www.surflines.com/surf-news/best-places-live-surfer/19075>

PLUMMER J. T., 1974

The concept and application of life style segmentation. *Journal of Marketing*, 38 (1) : 33-37.

PRELL C., HUBACEK K., REED M. S., 2009

Stakeholder analysis and social network analysis in natural resource management. *Society and Natural Resources*, 22 : 501-518.

PONTING J., MCDONALD M., WEARING, S., 2005

De-constructing wonderland: surfing tourism in the Mentawai Islands, Indonesia. *Loisir et Société/ Society and Leisure*, 28 (1) : 141-162.

QUEENSLAND GOVERNMENT, 2020a

Palaszczuk Government to protect Queensland's iconic waves. The Queensland Cabinet and Ministerial Directory, Media statements. 4 mars.

QUEENSLAND GOVERNMENT, 2020b

Protections for world surfing reserves in Queensland. Department of Housing and Public Works, 2020. <https://www.hpw.qld.gov.au/about/initiatives/world-surfing-reserves>

REIBLICH J., REINEMAN D., 2018

Rhino chasers and rifles: surfing under the public trust doctrine. *Journal of Land Use & Environmental Law*, 34 (1).

REINEMAN D. R., 2016

The utility of surfers' wave knowledge for coastal management. *Marine Policy*, 67 : 139-147.

REINEMAN D. R., THOMAS L. N., CALDWELL M. R., 2017

Using local knowledge to project sea level rise impacts on wave resources in California. *Ocean & Coastal Management*, 138 : 181-191.

RITCHIE H., ELLIS G., 2010

A system that works for the sea? Exploring stakeholder engagement in marine spatial planning. *J. Environ. Plan. Manag.* 53 : 701-723.

RUIZ-FRAU A., HINZ H., EDWARDS-JONES G., KAISER M. J., 2013

Spatially explicit economic assessment of cultural ecosystem services: non-extractive recreational uses of the coastal environment related to marine biodiversity, *Marine Policy*, 38 : 90-98.

RYAN S., ALGIE C., MACFARLANE G. J., FLEMING A., PENESIS I., KING A., 2015

« The bombora wave energy converter: a novel multi-purpose device for electricity, coastal protection and surf breaks ». In *Proceedings of the 22nd Australasian Coastal and Ocean Engineering Conference and the 15th Australasian Port and Harbour Conference Auckland*. Engineers Australia, 15-18 septembre : 541-546.

SANTOS M.D. DOS, 2018

Reservas de surfe: Uma análise jurídica da governança do espaço marinho-costeiro. 179 f. Tese (Direito Político e Econômico) (Surfing reserves: a legal analysis of coastal marine governance. Thèse de doctorat en droit politique et économique, São Paulo, Universidade Presbiteriana Mackenzie.

SANTOS M.D. DOS, 2020

« Uso Recreativo na Estratégia de Gestão do Sistema Costeiro-marinho: o Exemplo da Proteção dos Surf Breaks ». In Oliveira C. C. De, Barros-Plataiu A. F., Galindo G. R. B., Teles Da Silva S., Montalverne T. C. F. (eds) : *Meio ambiente marinho, sustentabilidade e direito*, v. 2. Rio de Janeiro, Lumen Juris : 678.

SANTOS M. D. DOS, BLACKWELL B., 2020

« Low impact recreational use and biodiversity protection ». In Martin P., Leuzinger M. D., Teles Da Silva S., Coutinho G. C. (eds) : *Achieving biodiversity protection in megadiverse countries: a comparative assessment of Australia and Brazil*. v. 1. Londres, Routledge : 105-124.

SAUNDERS F. P., GILEK M., TAFON R., 2019a

« Adding people to the sea: conceptualizing social sustainability in maritime spatial planning ». In Zaucha J., Gee K. (eds) : *Maritime spatial planning: past, present, future*. Cham, Springer : 175-199.

SAUNDERS F. P., GILEK M., DAY J. C., HASSLER B., MCCANN J., SMYTHE T., 2019b

Examining the role of integration in marine spatial planning: towards an analytical framework to understand challenges in diverse settings. *Ocean Coast. Manag.*, 169 : 1-9.

SAVE THE WAVES COALITION

What is a surf ecosystem? Conservation beyond outstanding waves. Santa Cruz, Save The Waves Coalition. <https://www.savethewaves.org/what-is-a-surf-ecosystem-conservation-beyond-outstanding-waves/>

SCHESKE C., RODRIGUEZ M. A., BUTTAZZONI J. E., STRONG-CVETICH N., GELCICH S., MONTEFERRI B., RODRÍGUEZ L. F., RUIZ M., 2019

Surfing and marine conservation: exploring surf-break protection as IUCN protected area categories and other effective area-based conservation measures. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 29 (2) : 195-211.

SCHULTZ-ZEHDEN A., WEIG B., LUKIC I., 2019

« Maritime spatial planning and the EU's blue growth policy: past, present and future perspectives ». In Zaucha J., Gee K. (eds) : *Maritime spatial planning: past, present, future.* Cham, Springer : 121-149.

SCOTT K. N., 2015

« Integrated oceans management: a new frontier in marine environmental protection ». In Rothwell D. R. et al. (eds) : *The Oxford handbook on the law of the sea.* Oxford, Oxford University Press : 463-490.

SCOTT K. N., 2016

The evolution of marine spatial planning in New Zealand: past, present and possible future. *International Journal of Marine and Coastal Law*, 31 (4) : 652-689.

SILVA S. T. DA, LEUZINGER M. D., DUTRA C., SANTOS M. D. DOS, SOUZA P. B., 2015

« Áreas marinhas protegidas e governança ambiental: o caso das APAs marinhas no Estado de São Paulo ». In Leuzinger M. D., Silva S. T. da, Cureau S. (eds) : *Espaços territoriais especialmente protegidos: extensão, limites e oportunidades.* Brasília, Uniceub : 259-285.

SILVA S. T. DA, SANTOS M. D. DOS, DUTRA C., 2016

Reservas de surfe e a proteção da sociobiodiversidade. *Nomos*, 36 (2) : 345-367. <http://www.periodicos.ufc.br/nomos/article/view/6316/4567>

SILVA S. T. DA, DUTRA C., BORGES F. S., ALBUQUERQUE M. F. C., SANTOS M. D. DOS, SOUZA P. B. DE, 2016

« Brazil: participation principle and marine protected áreas ». In Martin P., Boer B., Slobodian L. (eds) : *Framework for assessing and improving law for sustainability: a legal component of a natural resource governance framework.* Gland, IUCN, v. 1 : 33-50.

SKELLERN M., PERYMAN B., ORCHARD S., RENNIE H., 2013

Planning approaches for the management of surf breaks in New Zealand. Auckland, Auckland Council.

SOINI, K., BIRKELAND, I., 2014

Exploring the scientific discourse on cultural sustainability. *Geoforum*, 51 : 213-223.

STIGLITZ J. E., SEN A. K., FITOUSSI J.-P., 2009

Measuring economic performance and social progress. Paris, Commission on the Measurement of Economic Performance and Social Progress.

STOCKER L., KENNEDY D., 2009

Cultural models of the coast in Australia: toward sustainability. *Coastal Management*, 37 (5) : 387-404.

SURFBREAK PROTECTION SOCIETY, 2006

Comments on the Department of Conservation issue and options paper. Review of the New Zealand Coastal Policy Statement. Auckland, Surfbreak Protection Society.

SURFBREAK PROTECTION SOCIETY, 2008

Surfbreak protection society submission on the proposed NZCPS. Queenstown, McGill Law.

TAFON R. V., 2017

Taking power to sea: towards a post-structuralist discourse theoretical critique of marine spatial planning. *Environ. Plan. C Politic Space*, 36 (2) : 258-273.

TAFON R. V., 2019

The 'dark side' of marine spatial planning: a study of domination, empowerment and freedom through theories of discourse and power. Thèse de doctorat, Huddinge, Södertörn University.

TAFON R. V., SAUNDERS F., GILEK M., 2019

Re-reading marine spatial planning through Foucault, Haugaard and others: an analysis of domination, empowerment and freedom. *Journal of Environmental Policy & Planning*, 21 (6) : 754-768.

TELES DA SILVA S., LEUZINGER M. D., SANTOS M. D. DOS, SOUZA P. B. DE, 2015

« Áreas marinhas protegidas e governança ambiental: o caso das APAs marinhas no Estado de São Paulo ». In Leuzinger M. D., Silva S. Teles da, Cureau (eds) : *Espaços territoriais especialmente protegidos: extensão, limites e oportunidades*. Brasília, Uniceub : 262-265.

TELES DA SILVA S., DUTRA C., BORGES F. S., ALBUQUERQUE M. F. et al., 2016

« Brazil: participation principle and marine protected áreas ». In Martin P., Boer B., Slobodian L. (eds) : *Framework for assessing and improving law for sustainability: a legal component of a natural resource governance framework*. Gland, IUCN : 33-50.

THOMPSON R., 2007

Cultural models and shoreline social conflict. *Coastal management*, 35 (2-3) : 211-237.

TRUEBA J. J. G., RODRIGO A. L., 2021

« Patrimonialización y conservación de rompientes de surf: justificación, avances y retos pendientes en España ». In Rodrigo A. L. et al. (eds) : *Estudios sobre ordenación, gestión e intervención en el territorio*. Valencia, Tirant lo Blanch : 207-226.

UNESCO, 2019

IOC Worldwide Inventory of MSP Activities. Paris, Unesco.

WRIGHT J. P. HODGES T. E. SADRPOUR N., 2014

Economic impact of surfing of the local economy in Pichilemu. Santa Cruz, Save The Waves Coalition.
<https://www.puntadelobos.org/que-hacemos/> ;
<https://www.millenniumassessment.org/en/index.html>

ZAUHA J., GEE K., 2019

Maritime spatial planning: past, present, future. Cham, Springer.

Décrets, lois, ordonnances, résolutions, arrêtés

AUSTRALIE, 1978

Loi sur les réserves de terres de la Couronne (*Crown Land Reserves Act*).

BRÉSIL, 2000

Système national des unités de conservation (*Sistema Nacional de Unidades de Conservação*), Snuc.
Loi fédérale n° 9 985/2000.

NOUVELLE-ZÉLANDE, 2010

Déclaration de politique côtière de la Nouvelle-Zélande (*New Zealand Coastal Policy Statement*).

PÉROU, 2013

Loi pour la préservation des vagues appropriées à la pratique sportive (*Ley de Preservación de las Rompientes apropiadas para la Práctica Deportiva*). Loi n° 27280/2000 et Décret suprême n° 015-2013-DE du 7 décembre 2013.

NOTES

1. New Zealand Coastal Policy Statement.
2. Ley de Preservación de las Rompientes apropiadas para la Práctica Deportiva.
3. Decreto supremo n° 012-2019-DE.
4. Ley de Preservación de las Rompientes Apropiadas para la Práctica Deportiva, Act 2728/2000. Decreto Supremo 015-2013-DE
5. Dirección General de Capitanías y Guardacostas (DICAPI), Registro Nacional de Rompientes (RENARO)
6. Voir l'initiative MSPglobal : <https://www.mspglobal2030.org/msp-roadmap/msp-around-the-world/americas/peru/>
7. Voir Fundación Punta del Lobos : <https://www.puntadelobos.org/que-hacemos/>
8. Voir <https://www.mspglobal2030.org/msp-roadmap/msp-around-the-world/europe/spain>
L'Espagne a depuis avancé dans le développement technique de la PSM. L'approbation de ses documents de PSM est en cours, un pour chacune de ses cinq subdivisions marines. L'approbation est prévue d'ici la fin de l'année 2022. Voir <https://maritime-spatial-planning.ec.europa.eu/countries/spain>
9. Sistema Nacional de Unidades de Conservação.

AUTEURS

MAURICIO DUARTE DOS SANTOS

Juriste de l'environnement, université Mackenzie de Sao Paulo, Brésil.

SOLANGE TELES DA SILVA

Juriste de l'environnement, université Mackenzie de Sao Paulo, Brésil.

CAROLINA DUTRA

Juriste de l'environnement, université Mackenzie de Sao Paulo, Brésil.

Chapitre 15. Forces et faiblesses des outils d'aide à la décision

Un exemple didactique sur l'archipel de Fernando de Noronha

Adrien Brunel et Sophie Lanco Bertrand

Introduction

- 1 Les milieux marins sont aujourd'hui souvent considérés comme les territoires de demain pour la « croissance bleue » (EUROPEAN COMMISSION, 2014, 2017 ; WWF, 2018). Cependant, ces espaces sont déjà soumis à de multiples pressions anthropiques (pêche, aquaculture, routes maritimes, exploitation des fonds marins, activités récréatives, énergies renouvelables, etc.). Dans ce contexte, la planification spatiale marine (PSM) se positionne comme un processus de décision, collectif et rationnel, régulant les usages des espaces et des ressources marines afin de réduire les tensions entre usages et conservation et entre les acteurs de l'océan. La PSM s'est largement diffusée et s'est finalement imposée comme le paradigme de gouvernance privilégié par les institutions de gestion en quête de développement durable. La PSM implique une mobilisation collective, car son processus est basé sur des informations transversales, spatialement explicites (écologiques, juridiques, sociales, économiques, etc.). Dans ce cadre basé sur l'analyse des données, les outils d'aide à la décision (OAD) se sont avérés indispensables pour éclairer rationnellement le processus de décision. Les OAD prennent la forme d'outils spatialement explicites, impliquant des logiciels interactifs comprenant des cartes, des modèles, des modules de communication et des éléments supplémentaires qui peuvent aider à résoudre des problèmes à facettes multiples qui sont trop complexes pour être résolus par la seule intuition humaine ou par des approches conventionnelles (encadré 1).
- 2 Si le nombre et les types des OAD n'ont cessé de croître, ceux qui se concentrent sur la planification systématique de la conservation et la sélection de sites de réserve (par exemple, Zonation, Marxan, prioritizR) ont particulièrement gagné en popularité. Les Nations unies (cible 11 d'Aïchi dans le cadre de la Convention sur la diversité biologique, objectif de développement durable 14, ODD) encouragent la couverture de

10 % des zones côtières et marines par des aires marines protégées (AMP) d'ici 2020. Plus récemment, l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN, 2014 et 2016) a fixé un objectif ambitieux de 30 % de protection pour chaque écorégion marine d'ici 2030, contre moins de 8 % aujourd'hui. Par conséquent, des outils de sélection systématique des sites de réserve sont nécessaires pour délimiter, avec le moins d'opacité possible (PRESSEY, 1994 ; PRESSEY et TULLY, 1994), les zones consacrées à la conservation. Les OAD pour la conception de réserves sont donc rapidement devenus centraux dans la recherche sur la conservation et ont été utilisés au niveau mondial, notamment pour résoudre les problèmes de PSM.

- 3 Les premières tentatives de conception de réserves reposaient sur des règles intuitives : estimation d'une valeur de conservation associée à une zone donnée (HELLIWELL, 1967 ; TUBBS et BLACKWOOD, 1971 ; GOLDSMITH, 1975 ; WRIGHT, 1977), puis classement des zones en fonction de leurs valeurs (TANS, 1974 ; GEHLBACH, 1975 ; RABE et SAVAGE, 1979), et enfin enrichissement du processus par des approches de classification itératives pour pallier le manque de complémentarité des réserves (KIRKPATRICK, 1983 ; MARGULES *et al.*, 1988 ; PRESSEY et NICHOLLS, 1989). Mais depuis COCKS et BAIRD (1989), le problème de la sélection des sites de réserve est mathématiquement compris, et de manière consensuelle, comme un problème d'optimisation sous contrainte. D'une part, ce cadrage mathématique du problème a le grand avantage de remettre sur le devant de la scène la nécessité de préserver au maximum les usages anthropiques, tout en protégeant la biodiversité des espaces naturels. Mais d'autre part, il implique des procédures numériques plus complexes, comme le cadre de la programmation en nombres entiers (POSSINGHAM *et al.*, 1993, 2000 ; MARGULES et PRESSEY, 2000 ; POSSINGHAM *et al.*, 2006), ou plus récemment, des solveurs d'optimisation exacte (CHURCH *et al.*, 1996 ; BEYER *et al.*, 2016). La complexité croissante de ces procédures comporte le risque de priver une partie des acteurs d'une vision critique du processus d'allocation d'espace et de droits.
- 4 Dans ce contexte, les objectifs de ce travail sont (1) de vulgariser le fonctionnement mathématique des OAD couramment utilisés auprès des usagers par le biais d'illustrations graphiques sur un cas d'étude simplifié et (2) de sensibiliser les usagers des OAD de sélection des réserves en décryptant les effets que les données (et les manques de données) et les options de paramétrage peuvent avoir sur les solutions finales. Pour ce faire, nous avons considéré un exemple didactique à petite échelle et délibérément simplifié sur l'archipel de Fernando de Noronha dans l'Atlantique tropical, au nord-est du Brésil.

Encadré 1. Les outils d'aide à la décision : enjeux et importance d'une régulation

Philippe FOTSO

Marie BONNIN

Selon la « feuille de route » commune publiée par l'Union européenne et la Commission océanographique intergouvernementale de l'Unesco, les OAD sont des moyens techniques permettant au décideur d'envisager une PSM qui prenne en compte l'ensemble des scénarios possibles. Ils désignent l'ensemble des outils et systèmes techniques qui éclairent et facilitent la prise de décision dans le processus de planification (TROUILLET, 2008). Les OAD fonctionnent sur une logique d'algorithmes, caractérisée par « l'entrée d'une masse de données initiales [lesquelles sont traitées par des formules mathématiques], pour aboutir à des

résultats par corrélation » (BARRAUD, 2018). Il s'agit de programmes informatiques qui servent à formaliser l'objectif politique par le biais d'opérations mathématiques sur la base de données scientifiques.

Le guide, publié en 2011 par le Center for Ocean Solutions (COS), recense l'essentiel des OAD utilisés dans la PSM. Les quatre fonctions des OAD d'après ce guide sont (1) la combinaison des données de diverses natures (écologique, économique et social), (2) l'évaluation transparente des différents scénarios de gestion, (3) la participation des parties prenantes et (4) l'évaluation des progrès par rapport aux objectifs de gestion. Ce document reconnaît que les outils sélectionnés n'ont pas tous les mêmes performances. Par ailleurs, selon leur fonction, les OAD peuvent intervenir à différents stades du processus de planification (STELZENMUELLER *et al.*, 2013). Ils peuvent être utiles au moment de la définition des objectifs et de l'analyse des conditions existantes, qui consiste en la collecte des données scientifiques, la réalisation d'un état des lieux, la cartographie des usages, l'identification des conflits et des compatibilités. Ils peuvent également être utilisés lors de la phase d'analyse des conditions futures, qui consiste à établir les tendances en fonction des besoins et des différents scénarios possibles.

Il s'agit pour l'autorité publique de déterminer grâce à l'expertise proposée par la technique la solution qu'il juge la plus optimale pour atteindre les objectifs de planification. Ainsi, les OAD de la PSM se développent dans une logique de performance, mais évoluent dans un contexte peu réglementé. En dehors de la réglementation sur les données, aucun standard ni norme ne permet d'exercer un contrôle quant aux modalités de traitement de ces données, aux pratiques des professionnels et des résultats qui résultent de leur expertise. Cette opacité représente un risque d'utilisation des OAD par les autorités publiques, comme un leurre à la prise en compte des questions environnementales dans les processus publics. Pour pallier ces insuffisances, une régulation en amont est essentielle. Elle permettrait d'une part de définir les bonnes pratiques potentiellement assorties de certifications officielles (PAVEL et SERRIS, 2018), et, d'autre part, elle permettrait de poser et de fixer les différents cadres de responsabilité des exploitants et des praticiens. Cette perspective serait un gage de sécurité juridique à la fois pour l'autorité publique, mais aussi pour les usagers et professionnels. En l'absence de telles mesures, l'un des remparts juridiques est d'opérer des contrôles tant *a priori* qu'*a posteriori* sur la base des instruments du droit de l'environnement existants. Pour autant, bien que le recours aux OAD joue un rôle essentiel dans la conduite des politiques publiques, ceci ne suppose pas un renversement de la responsabilité de la décision environnementale à la charge de leurs opérateurs. L'autorité publique reste le seul garant de la décision administrative même si son action se voit contrebalancée par la place que prend l'expertise scientifique dans la prise de décision (GONOD et FRYDMAN, 2014).

Pour en savoir plus

BARRAUD B., 2018

Les algorithmes au cœur du droit et de l'État postmoderne. *Revue internationale de droit des données et du numérique*, 4 : 37-52.

CENTER FOR OCEAN SOLUTIONS, 2011

Decision guide: selecting decision support tools for marine spatial planning. Stanford, The Woods Institute for the Environment, Stanford University, 56 p.

GONOD P., FRYDMAN P., 2014

Le juge administratif et l'expertise. *Actualité juridique de droit administratif (AJDA)*, 1361.

PAVEL I., SERRIS J., 2018

Faut-il réguler les algorithmes ? *THIRD Digital*, 1 : 42-45.

STELZENMUELLER V., LEE J., SOUTH A., FODEN J., ROGERS S. I., 2013

Practical tools to support marine spatial planning: a review and some prototype tools. *Marine Policy*, 38 : 214-227. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2012.05.038>

TORRE SCHAUB M., 2019

Les dynamiques du contentieux climatique. Usages et mobilisations du droit pour la cause climatique. Rapport final de recherche, Paris, mission de recherche droit et justice, CNRS, Climalex, Institut des sciences juridique et philosophique de la Sorbonne, 244 p.

TROUILLET B., 2008

Les pêches dans la planification spatiale marine au crible des géotechnologies : perspectives critiques sur le « spatial » et « l'environnement ». Habilitation à diriger des recherches (HDR), université de Nantes, 31 p.

Matériel et méthodes

- 5 La méthodologie utilisée s'est appuyée sur Marxan et prioritizR, deux OAD (gratuits et open source) basés sur l'optimisation et développés à des fins de sélection de sites de réserve. Les scripts de traitement des données ont été écrits en langage R pour des raisons de partage et de simplicité¹. Des données acoustiques, bathymétriques et halieutiques ont été utilisées. Ces données ont été recueillies à l'occasion d'un atelier de travail du projet « Planning in a liquid world with tropical stakes » (Paddle) en novembre 2019 à Recife (Brésil). La collecte pratique des données a été réalisée *in situ* à travers différentes campagnes scientifiques menées au cours des dernières années.

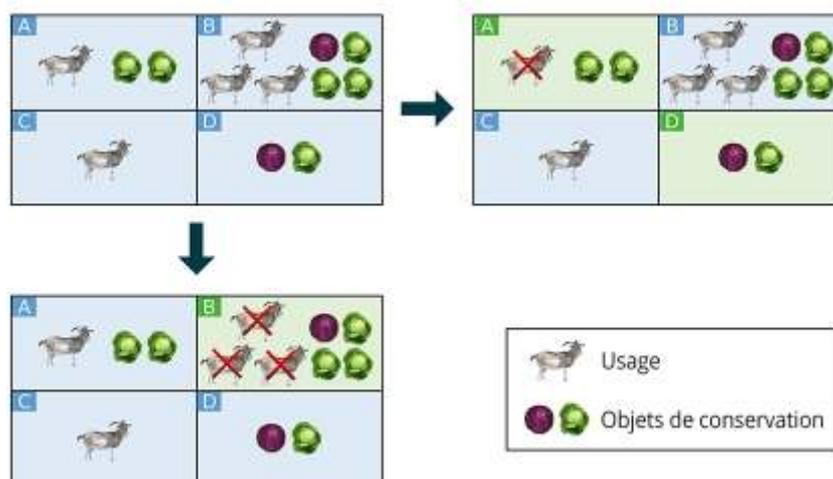
Outils de sélection systématique des sites de réserve

- 6 Les réserves naturelles sont communément identifiées comme une contribution essentielle à l'effort de conservation pour assurer la durabilité de la biodiversité. Dans ce cadre, les OAD ont été proposés pour déterminer systématiquement les sites qui devraient être inclus dans une AMP. Les OAD aident ainsi les planificateurs à trouver le meilleur compromis entre les activités humaines et les objectifs de conservation tels que la santé des écosystèmes. En particulier, deux formulations principales du problème ont été proposées : maximiser la couverture par la réserve des éléments à conserver² sous une contrainte budgétaire établie *a priori* (problème de couverture maximale) ou minimiser le coût de la réserve (le coût étant compris comme une limitation des activités humaines) tout en assurant la couverture des éléments à conserver à un niveau minimum, établi *a priori* (problème d'ensemble minimal). Notre travail se concentre davantage sur ce dernier, car il est dominant dans la littérature scientifique et traité par Marxan et prioritizR.

L'optimisation pour les nuls en maths

- 7 Nous présentons ici une illustration d'un problème d'optimisation qui est un exemple pertinent des problèmes spatialement explicites résolus par les algorithmes de sélection de sites de réserve, tels que ceux mis en œuvre dans Marxan et prioritizr. Imaginons que des choux verts et rouges poussent dans des enclos pour chèvres. Naturellement, si les chèvres sont libres d'accéder à leur enclos habituel, elles mangeront tous les choux. Cependant, nous aimerions établir un plan de conservation pour protéger une quantité de choux définie *a priori*, écologiquement pertinente. Ainsi, nous nous demandons quels enclos méritent d'être verrouillés afin de protéger suffisamment de choux tout en affectant le moins de chèvres possible. Les données alimentant le problème sont qualifiées de « spatialement explicites », car nous pouvons compter et localiser les chèvres et les choux. En pratique, imaginons quatre enclos (étiquetés A, B, C, D) avec des chèvres et des choux répartis comme le montre la figure 1, et un objectif de conservation d'au moins trois choux verts et un rouge. En conséquence, il semble préférable de verrouiller les enclos A et D plutôt que le seul B, car les deux atteignent les objectifs de choux (trois verts, un rouge), mais une seule chèvre est touchée au lieu de trois. L'enclos C ne vaut pas la peine d'être protégé, car il ne contient pas de choux et une chèvre l'utilise. En d'autres termes, les outils de sélection systématique des sites de réserve tentent d'assurer la conservation d'un nombre donné de caractéristiques (choux) tout en limitant la perte de bénéfices associée à un usage donné (chèvre).

Figure 1. Exemple d'un problème d'optimisation résolu par la sélection systématique d'un site de réserve



Les fonds bleus et verts signifient que l'enclos est respectivement ouvert et fermé (c'est-à-dire qu'il fait partie de la réserve). À partir de la situation initiale (en haut à gauche), quel accès à l'enclos interdire afin de protéger au final trois choux verts et un rouge tout en minimisant l'impact sur les chèvres ? Si l'enclos B est verrouillé (en bas à gauche), l'objectif de conservation est atteint et trois chèvres sont touchées, alors que si les enclos A et D sont verrouillés (en haut à droite), une seule chèvre est touchée et l'objectif est toujours atteint.

Source : A. Brunel, S. Lanco Bertrand

Mathématiques sous-jacentes

- 8 Les problèmes de sélection de sites de réserve étant exprimés dans un cadre d'optimisation, le terrain de jeu de la science de la conservation recoupe largement les domaines scientifiques de la théorie de la décision et de la recherche opérationnelle. Les logiciels Marxan et prioritizr sont « simplement » des solveurs d'optimisation, plus ou moins encapsulés dans des fonctionnalités conviviales. Par conséquent, nous devons d'abord passer par un aperçu général de l'optimisation afin de comprendre ce que font exactement les outils de sélection de sites de réserve. Un exemple de problème d'ensemble minimum est également fourni au lecteur pour une meilleure compréhension du problème d'optimisation résolu.

Aperçu général

Un problème d'optimisation peut toujours être exprimé par une fonction objectif

$f : \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}$ et p fonctions de contrainte d'inégalité

$c_i : \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}$, $i \in \{1, \dots, p\}$. La question inhérente est de dériver, sous

l'hypothèse d'existence, la variable de décision $x \in \mathbb{R}^n$ qui minimise la fonction objectif f tout en respectant toutes les contraintes c_i , ayant une valeur négative. Mathématiquement, elle peut être exprimée comme suit :

$$\begin{cases} \min_{x \in \mathbb{R}^n} f(x) \\ i \in \{1, \dots, p\}, c_i(x) \leq 0 \end{cases} \quad (1)$$

- 9 Les problèmes d'optimisation sont souvent divisés en classes en fonction de leur nature. La plus courante est la « programmation continue », dans laquelle on peut notamment trouver les sous-classes « programmation convexe » ou encore « programmation linéaire », où les théorèmes d'existence et les méthodes de résolution sont bien connus et largement expérimentés. Cependant, notre problème de sélection de sites de réserve appartient à une classe d'optimisation intrinsèquement différente, à savoir la classe de la « programmation en nombres entiers », et la sous-classe de la « programmation binaire non linéaire » pour être plus précis. En effet, notre variable de décision reflète un choix binaire d'inclure ou non une zone délimitée spécifique dans la réserve. Par conséquent, $x \in D = \{0,1\}^N$ où N est le nombre d'unités résultant de la division de la zone d'étude. Naïvement, on pourrait penser que ce problème est plus simple que celui de la programmation continue parce que nous devons « seulement » calculer toutes les possibilités pour les éléments x , qui est un nombre fini (égal à $|D| = 2^N$), et prendre la plus petite valeur parmi $f(D)$ ensemble fini (une telle tâche est évidemment impossible avec une variable de décision continue). Cependant, un ensemble fini ne signifie pas nécessairement que les ordinateurs actuels peuvent l'explorer en un temps raisonnable. Pour $N > 266$, le nombre d'évaluations de f est plus grand que le nombre d'atomes dans l'univers ($\sim 10^{80}$). Par exemple, dans le cas d'étude didactique et très simple que nous considérons ci-après, $N = 756$, ce qui correspond à plus de 10^{227} possibilités pour x . En outre, la résolution du problème relaxé associé

(c'est-à-dire autoriser x à explorer le plus petit ensemble continu comprenant D) et arrondir la solution calculée ne garantit ni théoriquement ni pratiquement de trouver une solution pertinente. Enfin, contrairement à la programmation continue, la dérivée de f , bien qu'elle soit à la base de la plupart, sinon de la totalité, des solveurs d'optimisation continue, n'a aucun sens.

Application à la sélection d'un site de réserve

- 10 En bref, les outils de sélection de sites de réserve fournissent simplement une méthode de résolution d'optimisation adaptée à la programmation binaire. Pourquoi avons-nous besoin d'une approche binaire pour cadrer le problème ? Tout d'abord, la zone étudiée est divisée en unités de planification (UP), c'est-à-dire en pixels de la grille utilisée pour discrétiser la zone d'étude. Chaque UP est associée à un coût socio-économique,³ mais aussi à la quantité de chaque caractéristique de conservation (CF) considérée. Rappelons que les données sont spatialement explicites, c'est-à-dire quantitativement localisées dans l'espace, ce qui permet d'associer à chaque UP (localisation par la latitude et la longitude) un coût et un nombre de CF (quantité comme une biomasse ou une abondance). Ensuite, des objectifs globaux de conservation, définis à partir des connaissances écologiques disponibles (par exemple, la taille minimale des populations pour être viables, les schémas de connectivité importants, etc.) sont spécifiés, représentant le nombre total minimal de chaque CF qui doit être inclus dans la réserve finale. Enfin, l'objectif de sélection systématique du site de la réserve (dans le problème de l'ensemble minimal) est de trouver quelle réserve, représentée par une liste d'UP, atteint les objectifs de conservation définis *a priori* à un coût socio-économique minimal. La décision porte donc sur l'activation (0 ou 1) d'une UP représentant l'inclusion d'un site dans la réserve. Dans un formalisme d'optimisation mathématique (voir l'équation 1), on peut exprimer le problème résolu par les OAD comme suit :

$$\begin{cases} \min_{x \in \{0,1\}^n} Cost(x) + BLM \times BoundaryLength(x) \\ i \in \llbracket 1, p \rrbracket, TargetedCF_i - ReservedCF_i(x) \leq 0 \end{cases} \quad (2)$$

- 11 Par conséquent, une réserve est mathématiquement représentée par un vecteur $x \in \{0,1\}^N$ (la valeur de la ligne est 1 si l'UP correspondant est sélectionné, 0 sinon). La fonction de coût $Cost$ dépend de la réserve et donne le coût total des UP choisies, soit la somme des coûts de toutes les UP sélectionnées comme appartenant à la réserve. La fonction $ReservedCF_i$ dépend de la réserve et donne le montant total de l' $i^{\text{ème}}$ élément de conservation dans la réserve. La constante $TargetedCF_i$ est le niveau cible défini par l'utilisateur de l' $i^{\text{ème}}$ élément de conservation. La fonction $BoundaryLength$ dépend de la réserve et indique simplement son périmètre. BLM (pour *boundary length modifier*) est un poids associé au périmètre de la réserve conduisant à une pénalité plus ou moins importante dans la fonction objectif et permet d'augmenter éventuellement la compacité de la réserve selon le point de vue des parties prenantes. Le détail du calcul de la valeur de la fonction objectif est illustré par un exemple didactique dans la figure 2.
- 12 Historiquement, les débats sur la géométrie et la forme générale des réserves sont nés dans le domaine scientifique de la biogéographie insulaire (MACARTHUR et WILSON, 1967). Cristallisée autour du débat « *single large or several small* » (SLOSS), cette discipline se

demandait si une seule île pouvait accueillir plus d'espèces que plusieurs petites en considérant que les deux milieux avaient la même taille totale. La pertinence de ce débat pour la conservation est apparue avec une analogie : une île et une réserve peuvent toutes deux être considérées comme des lieux propices aux espèces, séparées par des zones peu accueillantes que sont respectivement les océans et les habitats endommagés. Par conséquent, des leçons intéressantes ont d'abord été tirées de la littérature sur la biogéographie insulaire (DIAMOND, 1975 ; MAY 1975), bien qu'elles aient ensuite démontré leur échec pratique pour la conservation (SIMBERLOFF, 1976 ; SIMBERLOFF et ABELE, 1976) et leur incapacité à fournir une réponse générale (SOULÉ et SIMBERLOFF, 1986). Un vestige de ce débat dans la science de la conservation est la mise en œuvre dans les outils de sélection systématique de sites de réserve d'un levier de compacité, c'est-à-dire le paramètre BLM. Une pénalité directe est appliquée dans la fonction objectif, proportionnelle à la longueur des limites de la réserve, le facteur de proportionnalité étant égal à BLM (cf. équation 2). De cette façon, si le paramètre BLM est activé (c'est-à-dire strictement positif), il force les solveurs d'optimisation à préférer des solutions avec des UP agrégées plutôt que des UP dispersées. Les UP sélectionnées partageant une frontière impliquent la suppression de la frontière commune du calcul du périmètre total.

Figure 2. Exemple d'une solution de réserve et de la valeur de la fonction objectif

C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇
C ₈	C ₉	C ₁₀	C ₁₁	C ₁₂	C ₁₃	C ₁₄
C ₁₅	C ₁₆	C ₁₇	C ₁₈	C ₁₉	C ₂₀	C ₂₁
C ₂₂	C ₂₃	C ₂₄	C ₂₅	C ₂₆	C ₂₇	C ₂₈
C ₂₉	C ₃₀	C ₃₁	C ₃₂	C ₃₃	C ₃₄	C ₃₅
C ₃₆	C ₃₇	C ₃₈	C ₃₉	C ₄₀	C ₄₁	C ₄₂
C ₄₃	C ₄₄	C ₄₅	C ₄₆	C ₄₇	C ₄₈	C ₄₉

Les unités de planification sélectionnées sont en vert, les autres en bleu.

$Cost(x) = C_4 + C_9 + C_{13} + C_{14} + C_{16} + C_{18} + C_{22} + C_{27} + C_{31} + C_{33} + C_{37} + C_{41} + C_{45} + C_{49}$.

BoundaryLength(x)=46 vaut la somme des segments rouges.

Source : A. Brunel, S. Lanco Bertrand

Marxan/prioritizR

13 Nous illustrons ici deux OAD d'optimisation largement utilisés, et développés à des fins de sélection de sites de réserve, à savoir Marxan et prioritizR :

- Marxan : logiciel libre et gratuit (BALL et POSSINGHAM, 2000 ; GAME et GRANTHAM, 2008 ; BALL *et al.*, 2009 ; ARDRON *et al.*, 2010) qui est l'OAD le plus largement utilisé et expérimenté avec succès dans la conception des réserves marines. (par ex. la Grande Barrière de corail, les îles Anglo-Normandes de Californie, le golfe du Mexique). En particulier, The Nature Conservancy (TNC) et le Fonds mondial pour la nature (WWF) en sont des utilisateurs et des promoteurs célèbres. Marxan propose un algorithme méta-heuristique, appelé « recuit simulé », qui offre un bon compromis entre la rapidité des calculs et l'évaluation de l'optimalité. De plus, Marxan est capable de traiter tous les problèmes de programmation en nombres entiers à optimisation non linéaire. *A priori*, Marxan ne fournit jamais la solution optimale, mais de nombreuses solutions quasi optimales. Cette quantité de solutions quasi optimales est cependant définie par l'utilisateur, une caractéristique que nous utiliserons à notre avantage, car elle donne diverses solutions de réserve intéressantes qui alimenteront les discussions sur la conservation. Marxan peut sembler peu intuitif pour les utilisateurs non techniques, ce qui peut conduire à une utilisation maladroite et à une mauvaise interprétation des résultats. En particulier, un réglage fin est nécessaire pour atteindre les objectifs de conservation grâce à un poids de pénalité d'infaisabilité directement inclus dans la fonction objectif. Formellement parlant, le fichier exécutable de base de Marxan est appelé dans des scripts R.
 - prioritizR : un paquet R (HANSON *et al.*, 2020) permettant la formulation de problèmes de sélection de sites de réserve et s'appuyant sur un solveur de programmation linéaire en nombres entiers (ILP) libre et gratuit nommé Symphony⁴. Ce paquet R récemment développé fournit une solution exacte au problème d'optimisation d'une manière efficace en termes de temps. Bien que les solveurs ILP traitent des problèmes linéaires, prioritizR tient compte des contraintes quadratiques du BLM grâce à la nature binaire du problème. Contrairement à Marxan, aucun réglage n'est nécessaire pour atteindre la faisabilité de la solution. Le paquet prioritizR a transformé les premiers appels à des méthodes de résolution des ILP (CHURCH *et al.*, 1996) en une réalité pratique et a ouvert de larges perspectives (approche Monte-Carlo, analyse d'irremplaçabilité, etc.).
- 14 L'alternative Marxan ou prioritizR illustrent un des premiers débats de la science de la conservation, à savoir s'il faut privilégier les solutions rapides, mais sous-optimales plutôt que les solutions lentes, mais exactes. L'amélioration des performances des algorithmes ILP (SCHUSTER *et al.*, 2020) a permis le développement de ces derniers et a initié un possible changement de paradigme reconnu par le créateur de Marxan (BEYER *et al.*, 2016). C'est pourquoi, même si une comparaison entre les deux DST sera effectuée en 3,1, la plupart des résultats ont été obtenus via des méthodes de résolution exactes utilisant prioritizR.

Données d'entrée

- 15 Marxan et prioritizR ne nécessitent que quelques fichiers d'entrée fournissant les informations essentielles à l'expression du problème d'optimisation :
- pu.dat : une liste des indices de référence des UP (colonne 1) et du coût socio-économique correspondant (colonne 2). Elle représente donc la grille des UP de la zone étudiée sur laquelle la carte des fonctions de coût est annexée ;

- spec.dat : une liste des CF considérées (colonne 1) avec le montant total ciblé correspondant dans la réserve finale (colonne 2) ;
- puvsp.dat : une liste donnant la répartition géographique quantitative de chaque CF (colonne 1). Elle contient le montant de la CF (colonne 2) associé à l'UP correspondante (colonne 3) ;
- bound.dat : une liste donnant la longueur de frontière partagée (colonne 3) entre deux UP (colonnes 1 et 2) ;
- input.dat : une liste regroupant tous les paramètres de réglage de haut niveau (algorithmes, affichage, options de sauvegarde, etc.).

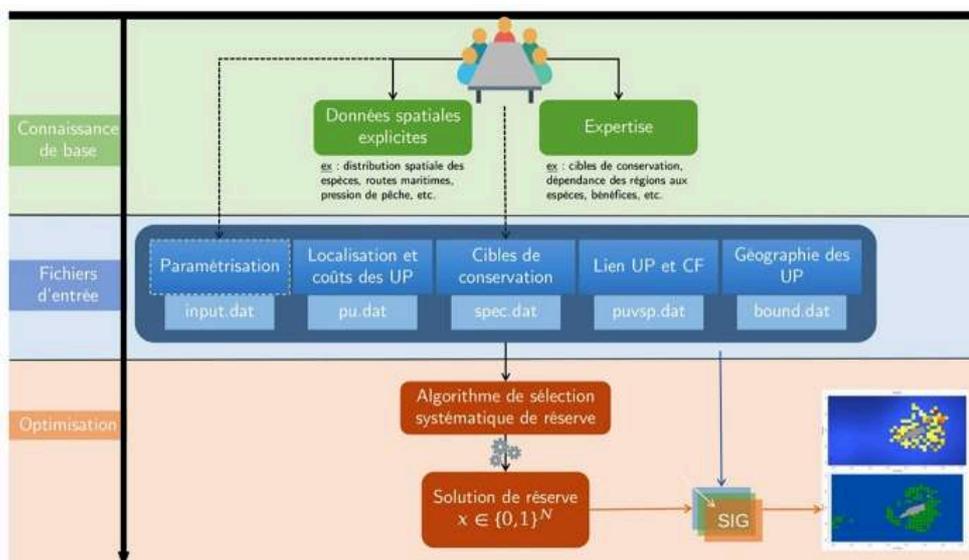
Données de sortie

- 16 Le résultat des algorithmes de sélection de sites de réserve est la réserve sélectionnée sous la forme d'un fichier texte à deux colonnes qui contient une liste des références des UP et la variable de décision correspondante (0 ou 1). Notez que Marxan fournit beaucoup plus de fichiers puisque trois fichiers (informations sur la solution et la faisabilité, résumé) sont générés pour chaque exécution de l'algorithme.

Représentation graphique du flux d'analyse

- 17 Les différentes étapes de la sélection d'un site de réserve sont résumées dans la figure 3. La première étape (en vert) consiste à établir des objectifs écologiques et à obtenir un consensus entre les parties prenantes. La deuxième étape (en bleu) traduit ces discussions et les informations spatialement explicites disponibles en fichiers d'entrée quantitatifs pour les OAD. Enfin, la dernière étape (en orange) calcule les solutions par des algorithmes de sélection de sites de réserve. Leur visualisation est assurée par des systèmes d'information géographique (SIG). L'ensemble du processus peut être itéré pour converger vers une solution satisfaisante pour les parties prenantes et les décideurs.

Figure 3. Flux des analyses pour la sélection systématique des sites de réserve



Source : A. Brunel, S. Lanco Bertrand

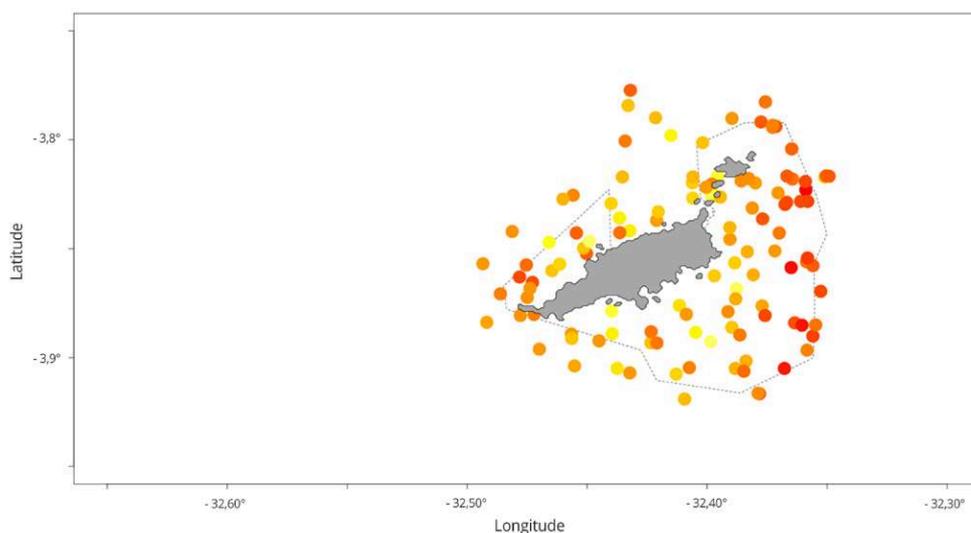
Données

- 18 Dans cette section, nous présentons les données alimentant notre cas d'étude, c'est-à-dire l'archipel brésilien Fernando de Noronha dans l'Atlantique tropical. Nous expliquons également comment nous avons discrétisé les données d'entrée pour les rendre compréhensibles par les logiciels de sélection de réserves. La zone d'étude a été définie comme une grille d'extension $[-3,95^\circ, -3,75^\circ]$ en latitude et $[-32,65^\circ, -32,30^\circ]$ en longitude, segmentée régulièrement tous les $0,01^\circ$ (ce qui représente approximativement 1,05 km aux latitudes de Fernando de Noronha), résultant en une grille 36 x 21 soit 756 UP (numérotés de gauche à droite et de bas en haut), afin notamment de capturer de manière exhaustive les données relatives à la pêche.

Acoustique

- 19 Des campagnes à la mer récentes autour de Fernando de Noronha ont permis de collecter des données brutes acoustiques *in situ* (fig. 4) sur l'abondance et la distribution des poissons (campagne Farofa3, avril 2019, collaboration entre l'Institut de recherche pour le développement, IRD, l'université fédérale rurale de Pernambuco, UFRPE, et l'université fédérale du Pernambouc, UFPE). L'échantillonnage a été globalement réalisé dans ou autour du parc marin existant de Fernando de Noronha. Cela signifie qu'aucune donnée acoustique n'est disponible en dehors de cette zone. Le parc marin existant est représenté sur la figure 4. Les données acoustiques brutes consistent en une liste de points de mesure avec des informations de latitude, longitude et S_A (un indicateur acoustique de la biomasse de poissons). Les données acoustiques sont ici considérées comme un substitut de la CF. Afin de rendre l'information compréhensible pour les outils de sélection de sites de réserve, nous avons additionné toutes les valeurs S_A situées à l'intérieur d'une UP⁵. De cette façon, nous avons pu préparer le fichier d'entrée « puvsp.dat », visualisé dans la figure 5. Nous pouvons voir la résolution et les limites de la grille choisie, mais aussi, grâce au gradient de couleurs et aux valeurs affichées, le processus décrit de conversion des données acoustiques brutes pour Marxan/prioritizR en additionnant toutes les valeurs S_A observées à l'intérieur d'une UP.

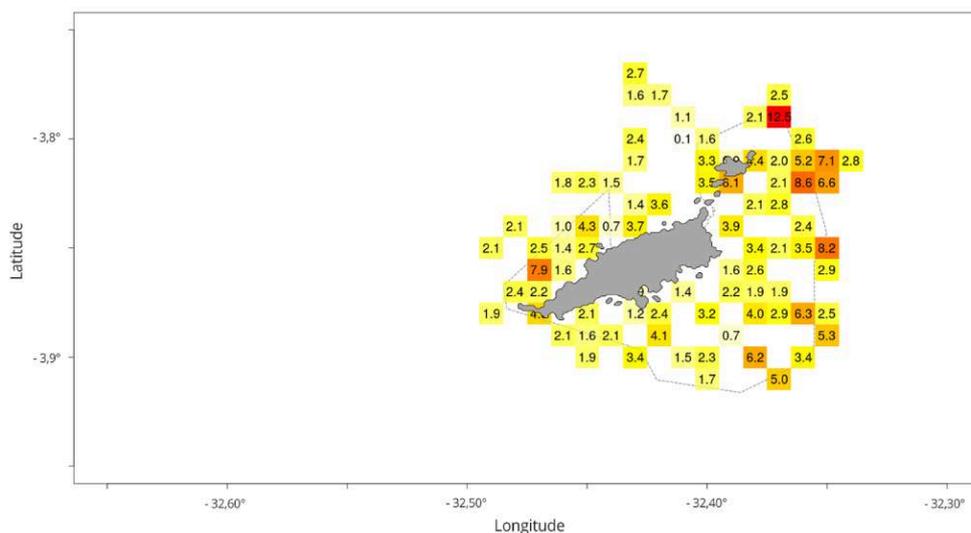
Figure 4. Données acoustiques brutes, collectées autour de Fernando de Noronha, représentées avec un gradient de couleur jaune à rouge indexé sur les valeurs S_A



La ligne pointillée entourant l'archipel est le parc marin actuel.

Source : A. Brunel, S. Lanco Bertrand

Figure 5. Données acoustiques traitées dans une grille adaptée au formalisme OAD, représentée par un gradient de couleur jaune à rouge indexé sur les valeurs de S_A



Cette information est utilisée comme la distribution spatiale de la CF n° 1.

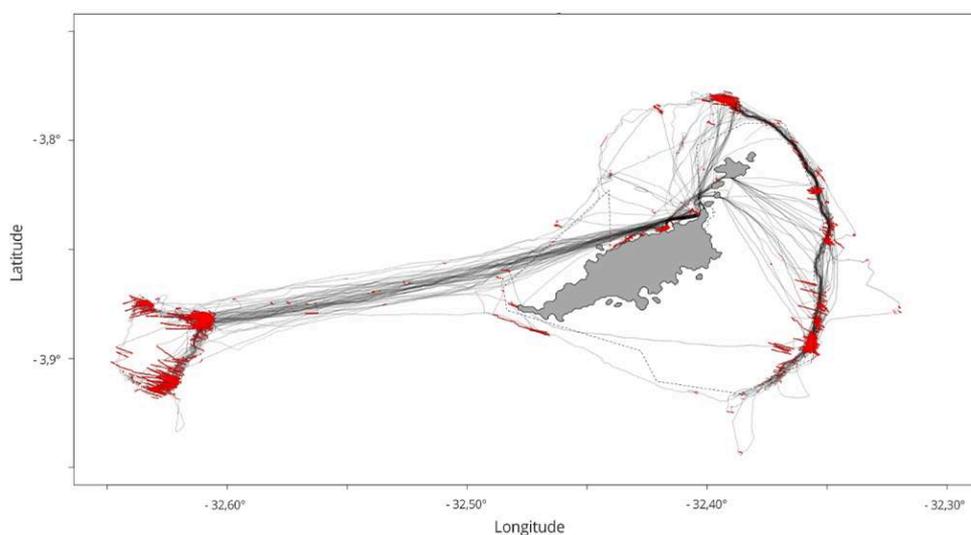
Source : A. Brunel, S. Lanco Bertrand

Pêche

- 20 Les données brutes de pêche (fig. 6) sont composées de 69 trajectoires GPS correspondant aux déplacements des pêcheurs collectés *in situ* au cours des cinq dernières années à Fernando de Noronha. Un premier modèle statistique (*Hidden Markov segmentation Model*) a été appliqué (BELTRÃO, 2019) afin de classer chaque segment de ces trajectoires GPS en deux états comportementaux : pêche et voyage. Malgré l'incertitude inhérente à la modélisation, nous pouvons considérer la quantité de points de « pêche » comme un indice quantitatif de la pression de pêche. Par

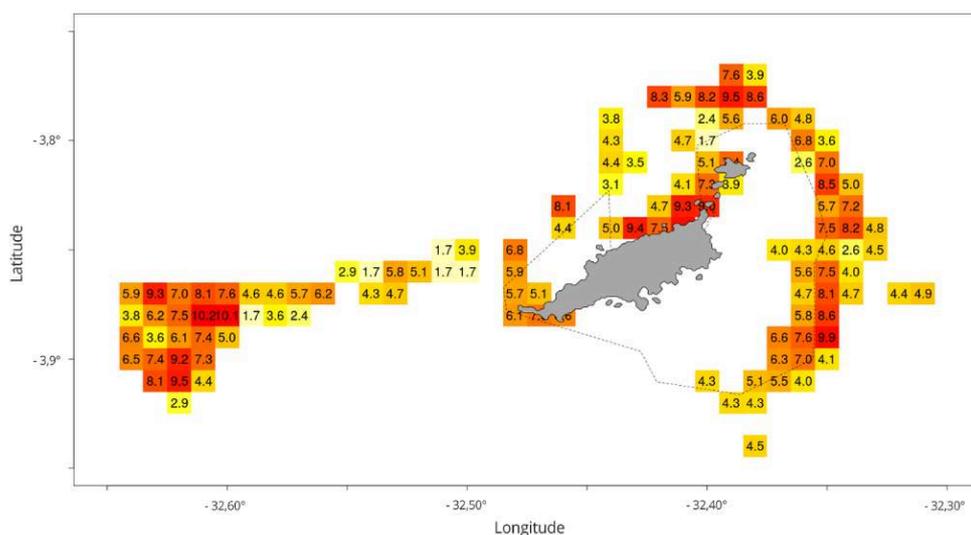
conséquent, afin de calculer une valeur scalaire basée sur la pêche pour chaque UP, nous avons compté le nombre de points de pêche tombant dans chaque UP et avons appelé cette quantité « *fishing count* » (FC). Cette valeur dérivée pour chaque UP contribue à la construction du fichier d'entrée « pu.dat » si nous voulons représenter la pression de pêche dans un scénario de conservation. Les valeurs de FC varient entre quelques centaines (activités de pêche modérées) et plus de 10 000 (pression de pêche élevée), certaines zones ne présentant aucune pêche (FC = 0). Nous avons donc appliqué une transformation logarithmique, ce qui a donné des valeurs de FC allant d'environ 0 à 10 (fig. 7). Les valeurs de FC représentent, dans cette étude de cas, le coût socio-économique et sont envisagées du point de vue du gestionnaire. La sélection d'une UP avec une concentration élevée de points de pêche dans la réserve représentera un coût élevé pour les communautés humaines tout en relaxant la pression pour la biodiversité. D'autres coûts socio-économiques auraient pu être testés (par exemple, la pression de plongée, la surface de l'UP).

Figure 6. Données GPS brutes de la pêche (noir) et segments estimés comme activité de pêche (points rouges)



Source : A. Brunel, S. Lanco Bertrand

Figure 7. Données de pêche traitées dans une grille adaptée au formalisme OAD, représentées par un gradient de couleur jaune à rouge indexé sur le nombre de points de pêche dans chaque UP

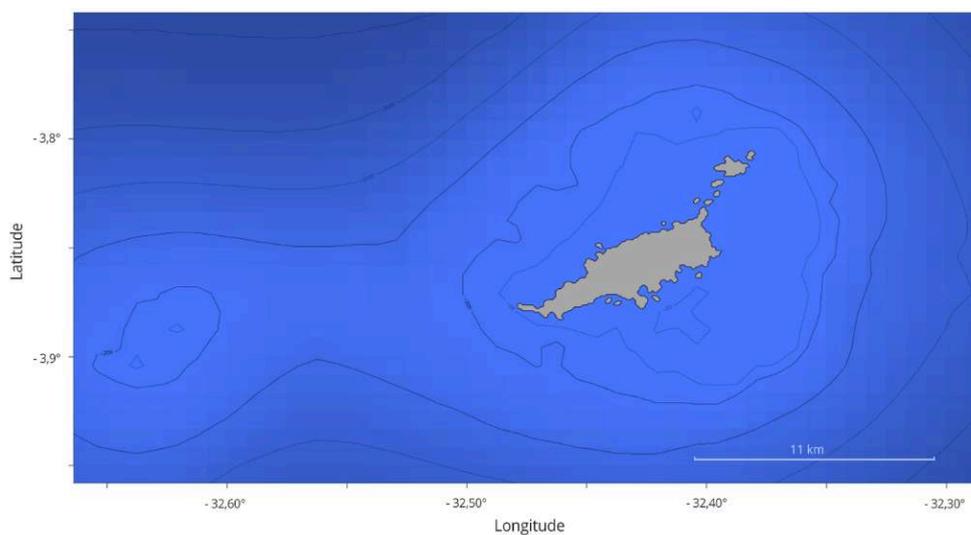


Source : A. Brunel, S. Lanco Bertrand

Bathymétrie

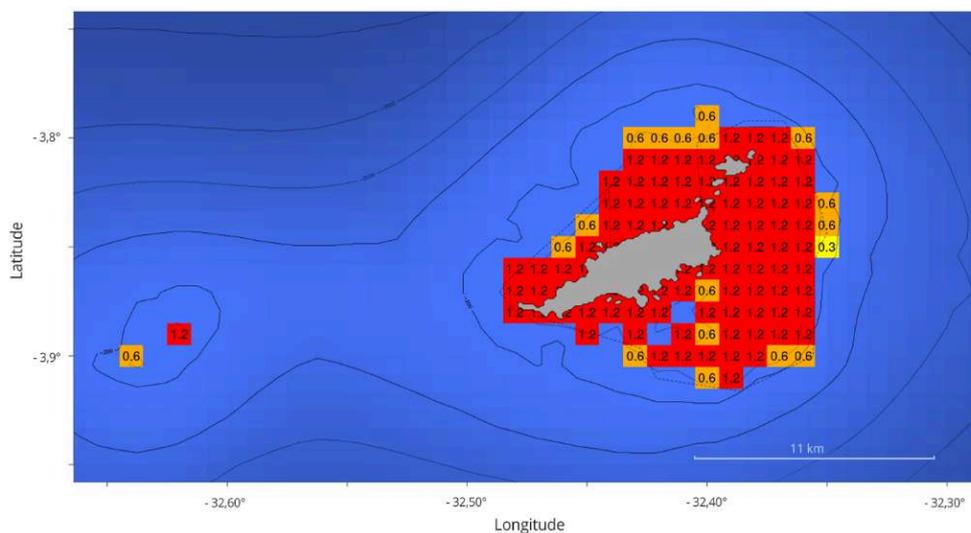
- 21 Les données bathymétriques (fig. 8) ont été obtenues de GEBCO (General Bathymetric Chart of the Ocean, actualisation 2014) comme une liste de latitudes, de longitudes et de profondeurs de l'océan. Étant donné que le plateau continental et le talus peuvent être considérés comme deux habitats tout à fait différents et appropriés qui méritent d'être protégés et donc inclus dans la réserve, les données bathymétriques ont été utilisées pour dériver deux types de CF. Nous avons choisi de définir respectivement le plateau continental (CF n° 2, fig. 9) et le talus continental (CF n° 3, fig. 10) comme correspondant respectivement aux intervalles de profondeurs $[0m, 50m]$ et $[50m, 200m]$. Pour chaque UP, la quantité de ces deux CF est égale à la surface occupée dans l'UP en km^2 . Le fichier d'entrée « puvsp.dat » a été modifié en fonction.

Figure 8. Données bathymétriques brutes (Gebco 2014) représentées par un gradient de couleur bleue et lignes d'isobathes en noir (50 m, 200 m, 1 000 m, 2 000 m, 3 000 m, 4 000 m)



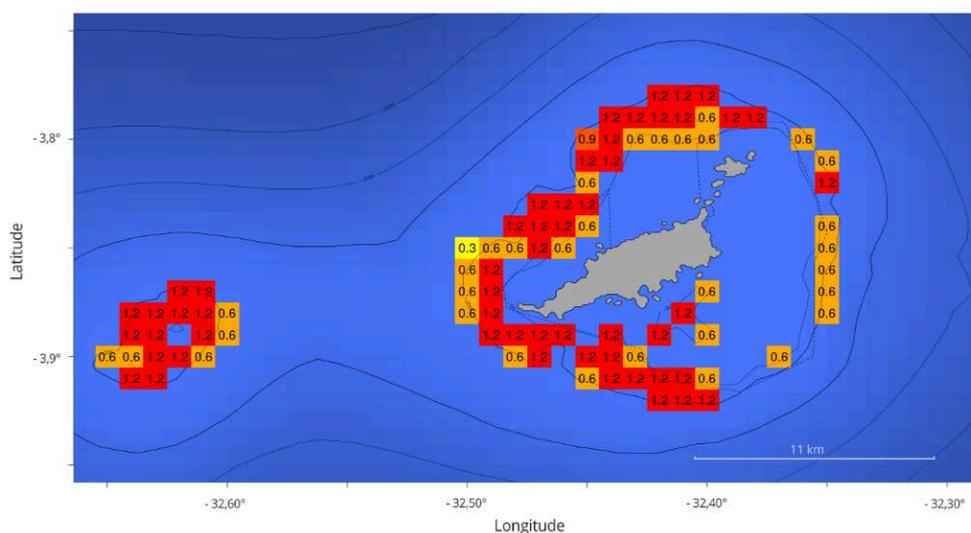
Source : A. Brunel, S. Lanco Bertrand

Figure 9. Habitat du plateau continental compris comme la CF n° 2, gradient de couleur jaune à rouge et % de l'UP occupé par ce type d'habitat (en km²)



Source : A. Brunel, S. Lanco Bertrand

Figure 10. Habitat de talus continental compris comme la CF n°3, gradient de couleur jaune à rouge et % de l'UP occupé par ce type d'habitat (en km²)



Source : A. Brunel, S. Lanco Bertrand

Synthèse des scénarios

- 22 Dans cette section, nous présentons le résumé de notre plan de simulation. Les tableaux 1, 2, 3, 4 et 5 montrent la paramétrisation du problème de sélection du site de réserve du scénario étudié et présenté ensuite dans la section des résultats. Le plan expérimental est constitué de nombreuses analyses de sensibilité. L'analyse de sensibilité des paramètres est la méthode privilégiée pour comprendre l'influence d'un paramètre donné sur un résultat de simulation. Les principaux avantages d'une telle approche sont d'évaluer l'importance relative des différents paramètres inclus dans le modèle d'optimisation par tâtonnements numériques. Le principe de base est d'exécuter des simulations pour différentes valeurs d'un paramètre donné tandis que les autres sont fixés à une valeur donnée. Ainsi, l'influence peut être observée qualitativement et/ou quantitativement grâce à une simple comparaison entre les simulations.
- 23 Tout d'abord, nous avons effectué une analyse de sensibilité du paramètre BLM afin de comprendre comment le poids associé au périmètre de la réserve influence la réserve finale calculée. Pour effectuer l'analyse de sensibilité de BLM (valeurs testées : 0, 0,5, 1, 2, 5 et 10), nous avons choisi arbitrairement un objectif de 50 % pour les trois CF et nous avons incorporé une fonction de coût constant de 1, ce qui a conduit les solveurs d'optimisation à minimiser le nombre d'UP sélectionnées (et donc à choisir la plus petite zone de réserve puisque les UP ont approximativement la même taille). Une simple mise en œuvre de coûts constants est souvent choisie comme première approximation et, dans notre cas, elle nous a permis de mieux illustrer l'influence du paramètre de compacité du BLM.

Tableau 1. Résumé des scénarios envisagés pour l'analyse de sensibilité du BLM

Scénario	CF	Cibles	Coût	BLM
----------	----	--------	------	-----

1.1	3	50 %, 50 %, 50 %	1	0
1.2	3	50 %, 50 %, 50 %	1	0,5
1.3	3	50 %, 50 %, 50 %	1	1
1.4	3	50 %, 50 %, 50 %	1	2
1.5	3	50 %, 50 %, 50 %	1	5
1.6	3	50 %, 50 %, 50 %	1	10

24 Nous avons examiné diverses distributions spatiales des coûts afin de clarifier leurs implications. Comme le coût influence directement l'expression de la fonction objectif d'optimisation, nous avons effectué une analyse de sensibilité sur la fonction de coût. En plus de la transformation logarithmique déjà mentionnée (voir ci-dessus), nous avons évalué d'autres options de coût (tabl. 2) :

- Scénario 2.1 : coût = 1, coût simple et constant, adapté pour considérer de manière égale toutes les UP, une approche pertinente en première approximation.
 - Scénario 2.2 : coût = 1 + FC, utilisation brute de notre comptage des points de pêche. Nous avons ajouté 1 afin d'éviter les UP valant 0. En effet, les UP valant 0 peuvent contaminer la recherche de solution.
 - Scénario 2.3 : coût = 1 + ln (1+FC), un logarithme naturel est appliqué à FC (où nous ajoutons 1 pour la cohérence du domaine de définition du logarithme). Nous avons ajouté 1 à l'expression pour éviter les UP avec un coût de 0 pour les mêmes raisons que ci-dessus.
 - Scénario 2.4 : coût = FC échelle de 1 à 10 ; nous transformons la valeur FC en une note de 1 à 10. Ce type de transformation a l'avantage d'être calculable, quel que soit le format des données de coûts d'entrée.
 - Scénario 2.5 : coût = FC échelle de 1 à 100 ; comme ci-dessus, mais avec une échelle de 1 à 100 pour mieux saisir l'influence de la résolution d'échelle.
- 25 Avec les analyses de sensibilité proposées, nous avons abordé différentes questions :
- Quelles sont les implications de ces différences de répartition des coûts dans la réserve optimale calculée ?
 - Les distributions de coût corrélées impliquent-elles une solution corrélée ?
- 26 Afin de mener notre analyse de sensibilité sur l'expression des coûts, nous considérons trois CF avec chacune un objectif de 50 % et un BLM = 0 fixe, parce qu'un BLM donné impliquerait une part quantitative différente du terme BLM dans la fonction objectif, étant donné que la plage du terme de coût change considérablement avec la façon dont nous le dérivons (par exemple, plus de 10 000 dans le scénario 2.2, moins de 10 dans le scénario 2.4).

Tableau 2. Résumé des paramètres des scénarios envisagés pour l'analyse de sensibilité de la fonction de coût

Scénario	CF	Cibles	Coût	BLM
2.1	3	50 %, 50 %, 50 %	1	0

2.2	3	50 %, 50 %, 50 %	1+FC	0
2,3	3	50 %, 50 %, 50 %	1+ln (1+FC)	0
2,4	3	50 %, 50 %, 50 %	FC 1 to 10 scale*	0
2.5	3	50 %, 50 %, 50 %	FC 1 to 100 scale*	0

* Fonction FC projetée sur une échelle de 1 à 10

27 Nous avons ensuite comparé les résultats de Marxan et de prioritizR lorsqu'ils sont alimentés par les mêmes données. Nous avons effectué une comparaison des performances d'optimisation entre les méta-heuristiques et les algorithmes exacts en appliquant les OAD Marxan et prioritizR à notre cas d'étude. En pratique, nous avons sélectionné quelques scénarios :

- une ou trois CF avec chacune une cible de 50 % ;
- un coût constant de 1 ou $1+\ln(1+FC)$;
- un BLM fixe de 0 ou 1.

28 Ainsi, nous avons pu largement explorer les performances de Marxan et de prioritizR et leur comportement face à diverses situations. Pour comparer les résultats des deux logiciels, nous avons calculé deux métriques, l'écart d'optimalité et la corrélation moyenne (tabl. 3). L'écart d'optimalité quantifie dans quelle mesure les solutions de Marxan sont sous-optimales par rapport à prioritizR. Comme Marxan fournit un nombre défini par l'utilisateur de solutions sous-optimales (100 dans notre cas), la sortie du « score » de Marxan consiste en une distribution de scores. Afin de comparer les sorties de Marxan et de prioritizR, nous avons fait la moyenne des scores de Marxan et avons ensuite calculé l'écart optimal selon la formule suivante :

$$\text{Score moyen de Marxan} = (1 + \text{Écart optimal}) \times \text{score de PrioritizR.}$$

29 En ce qui concerne la corrélation moyenne, la corrélation statistique entre chaque exécution de Marxan et la solution de PrioritizR a été calculée et finalement moyennée.

Tableau 3. Résumé des paramètres des scénarios envisagés pour l'analyse comparative des performances de Marxan/prioritizR

Scénario	CF	Cibles	Coût	BLM
3.1	1	50 %	1	0
3.2	1	50 %	1	1
3.3	3	50 %, 50 %, 50 %	1	0
3.4	3	50 %, 50 %, 50 %	1	1
3.5	3	50 %, 50 %, 50 %	$1+\ln(1+FC)$	0
3,6	3	50 %, 50 %, 50 %	$1+\ln(1+FC)$	1

- 30 Puis, nous avons réalisé des simulations de scénarios avec différentes valeurs cibles. Les valeurs cibles peuvent être utilisées comme paramètres d'ajustement si elles ne sont pas guidées par l'écologie. Nous avons donc effectué une analyse de sensibilité des valeurs cibles, tout en maintenant constants les paramètres de coût et de BLM (tabl. 4). Pour des raisons de simplicité, nous avons augmenté simultanément chacune des trois cibles de CF. Deux scénarios avec une seule CF ont été envisagés.

Tableau 4. Résumé des paramètres des scénarios envisagés pour l'analyse de sensibilité aux valeurs cibles

Scénario	CF	Cibles	Coût	BLM
4.1	3	10 %, 10 %, 10 %	1	1
4.2	3	20 %, 20 %, 20 %	1	1
4.3	3	30 %, 30 %, 30 %	1	1
4.4	3	40 %, 40 %, 40 %	1	1
4.5=1.3	3	50 %, 50 %, 50 %	1	1
4.6	3	60 %, 60 %, 60 %	1	1
4.7	3	70 %, 70 %, 70 %	1	1
4.8	3	80 %, 80 %, 80 %	1	1
4.9	3	90 %, 90 %, 90 %	1	1
4.10	3	95 %, 95 %, 95 %	1	1

- 31 Un changement de résolution a été ensuite appliqué pour évaluer son effet sur la délimitation des réserves. Le choix de la résolution de la grille est important et dépend du compromis entre le niveau de détail visé (nombre suffisant d'UP) et le temps de calcul nécessaire aux analyses. Il sera aussi en partie déterminé par la qualité des données brutes lorsque celles-ci sont fournies sous forme de grille (fichier raster) ou de données vectorielles (points ou lignes) enregistrées avec une précision donnée. Ici, nous avons étudié l'effet de l'augmentation de la résolution en latitude et en longitude, en comparant les résultats obtenus avec la résolution initiale de 0,01° pour chaque axe (21 x 36 cellules de grille = 756 UP), à ceux obtenus avec une résolution de 0,005° (41 x 71 cellules de grille = 2 911 UP). La comparaison de la résolution a été faite sur des scénarios à coût constant (égal à 1), avec BLM fixé à 1 et pour une CF égale à 1 ou 3 (tabl. 5).

Tableau 5. Résumé des paramètres des scénarios pour l'analyse de l'influence de la résolution

Scénario	CF	Cibles	Coût	BLM	Résolution
5,1	1	50 %	1	1	21x36

5,2	1	50 %	1	1	41x71
5,3	3	50 %, 50 %, 50 %	1	1	41x71

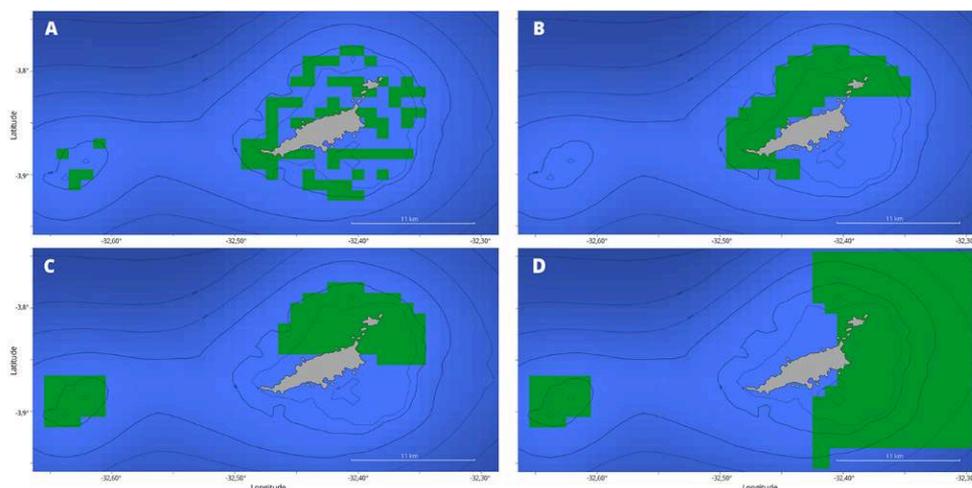
- 32 Enfin, nous discutons du concept et du calcul de l'irremplaçabilité qui peuvent être utiles pour cartographier et hiérarchiser les actions de conservation. Les cartes de distribution d'irremplaçabilité peuvent être fournies par prioritizR (CABEZA et MOILANEN, 2006) ; la fréquence de sélection de Marxan ne peut pas être utilisée comme mesure d'irremplaçabilité (il s'agit uniquement d'un artefact numérique, ARDRON *et al.*, 2010). Ils contiennent des valeurs comprises entre 0 et 1, qui indiquent dans quelle mesure une UP ne peut pas être remplacée par une autre (1 = irremplaçable, 0 = remplaçable). Par exemple, une UP qui est la seule à contenir une espèce rare sera irremplaçable (valeur 1) dans le sens où la protection de cette espèce ne peut être réalisée autrement, tandis qu'une UP avec une irremplaçabilité de 0 peut être échangée ailleurs dans la zone étudiée, car d'autres UP abritent des espèces similaires. Par conséquent, le calcul de l'irremplaçabilité semble pertinent, car il apporte une vision plus riche et permet potentiellement de cibler les actions de conservation prioritaires.

Résultats

Compacité des réserves

- 33 Le scénario dans lequel la pénalité de périmètre n'est pas activée (BLM 0, voir fig. 11, panneau A) montre naturellement une solution de réserve dispersée, avec la plupart des UP sélectionnées autour du parc marin Fernando de Noronha, ce qui peut s'expliquer par le fait que la biomasse de poissons (CF n°1, identifiée avec les données acoustiques) se trouve uniquement dans le parc marin. L'effet d'agrégation d'un BLM non nul, c'est-à-dire avec la pénalité de compacité activée, est immédiat et visuellement saisissant (voir par exemple la figure 11, panneau B où BLM = 1). Au fur et à mesure que le BLM augmente (par exemple, avec BLM = 5 dans la figure 11, panneau C), la solution calculée semble changer, car l'algorithme favorise alors les UP du plateau continental à l'ouest de Fernando de Noronha, malgré l'absence de biomasse de poissons dans cette zone selon les données acoustiques. Enfin, avec un BLM égal à 10 (fig. 11, panneau D), c'est-à-dire en forçant la prévalence de la pénalité de la longueur de la frontière sur le coût de l'UP dans la fonction objectif, la réserve de solution semble assez dégénérée. En effet, un « effet de frontière » numérique, mais inévitable se produit, qui peut être expliqué par l'absence de coût de frontière pour les UP à la limite de la zone étudiée, car ces UP n'ont tout simplement pas de voisins. L'effet frontière est inévitable, car un BLM qui tend vers l'infini implique théoriquement la couverture totale de la zone étudiée, car une telle configuration annulerait le terme de coût des UP dans l'objectif d'optimisation et produirait finalement une fonction objectif valant le périmètre total de la zone. Notez que l'effet de frontière peut également se produire pour des valeurs BLM plus petites si une zone intéressante est proche des bords de la zone étudiée. Une idée pour ralentir et atténuer cet effet purement numérique serait de créer une couronne d'UP vides avec le statut « verrouillé », c'est-à-dire une UP qui ne peut pas être sélectionnée.

Figure 11. Trois CF avec chacune un objectif de protection de 50 %, un coût =1 et un BLM dans {0, 1, 5, 10} (respectivement illustrées dans le panneau A, B, C, D)



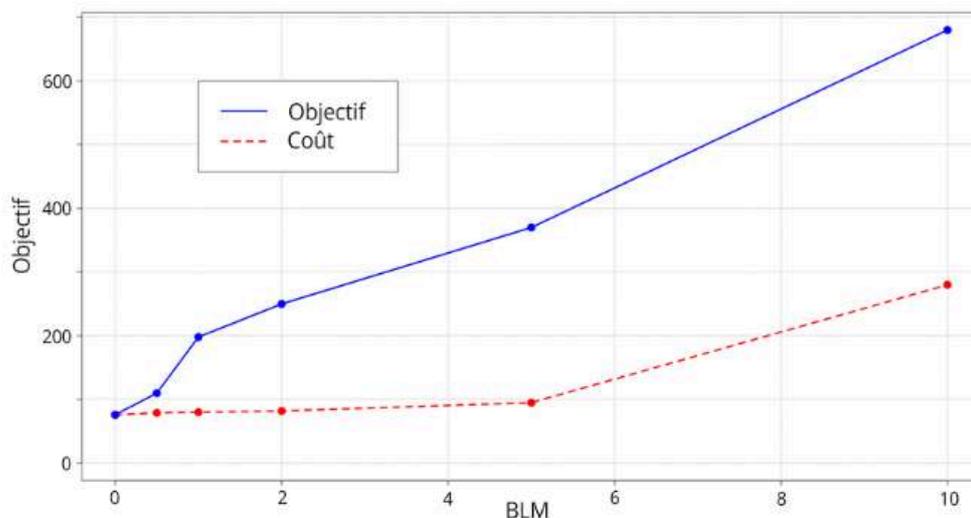
Les UP sélectionnées dans la solution de réserve optimale sont colorées en vert.

Optimisation effectuée avec PrioritizR.

Source : A. Brunel, S. Lanco Bertrand

- 34 L'influence quantitative du paramètre BLM sur les résultats de l'optimisation est illustrée à la figure 12. Nous observons d'abord la croissance continue de la fonction objectif avec l'augmentation de BLM, ce qui est un phénomène logique puisque BLM augmente directement la part de la longueur de la frontière dans la fonction objectif. Deux tendances peuvent être identifiées dans la courbe de la figure 12 : le coût de la réserve (nombre d'UP sélectionnées) reste stable, mais augmente ensuite pour des BLM supérieurs à 5. La part du BLM dans la fonction objectif (différence entre les lignes bleues pleines et rouges en pointillés) continue d'augmenter avec le BLM bien qu'elle se stabilise autour de 60-70 % pour un BLM supérieur à 1. En conclusion, le paramètre BLM est nécessaire pour forcer le solveur d'optimisation à rechercher la compacité, ce qui a du sens pour les objectifs de gestion et est également écologiquement souhaitable comme indiqué dans le débat Sloss. Ainsi, il est pertinent d'activer le paramètre de compacité BLM, mais il doit rester raisonnablement petit pour éviter un effet de frontière numérique. Pour toutes les autres analyses, nous avons considéré par défaut un BLM égal à 1, pour tenir compte de la compacité des réserves.

Figure 12. Le nombre d'UP sélectionnées (c'est-à-dire le coût de la réserve) et la valeur de la fonction objective associée sont respectivement représentés par une ligne rouge en pointillés et une ligne bleue pleine. La part du BLM dans la fonction objective est donc l'écart entre la ligne rouge et la ligne bleue.



Source : A. Brunel, S. Lanco Bertrand

Influence de la répartition des coûts

- 35 La figure 13 illustre comment la façon dont le coût est exprimé affecte la carte de répartition des coûts. Une comparaison plus quantitative est fournie par la matrice de corrélation⁶ (symétrique) entre les distributions de coûts où le numéro de ligne/colonne correspond au numéro de scénario :

$$R_{\text{cost}} = \begin{bmatrix} 1 & - & - & - & - \\ & 1 & 0,62 & 0,99 & 1 \\ & & 1 & 0,54 & 0,61 \\ & * & & 1 & 0,99 \\ & & & & 1 \end{bmatrix}$$

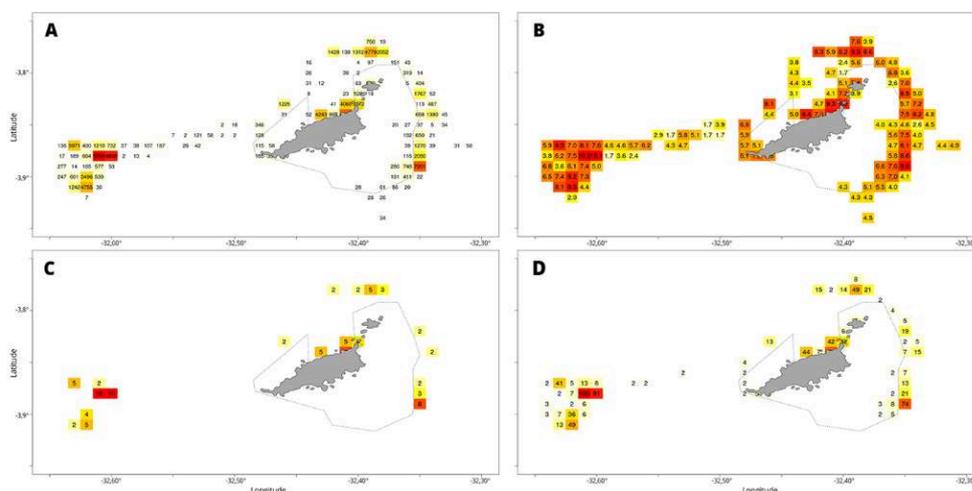
- 36 Par exemple, la matrice de corrélation des coûts R_{cost} indique que les scénarios 2.4 et 2.5 sont quasiment identiques par rapport au scénario 2.2. On pouvait s'y attendre puisque ces scénarios sont simplement une projection à une nouvelle échelle de la distribution de la FC, ce qui peut également être compris comme un changement (linéaire) d'unité. Inversement, l'utilisation d'un logarithme naturel implique un coefficient de corrélation beaucoup plus faible par rapport au scénario 2.2 (et donc aux scénarios 2.4 et 2.5 grâce à la nature transitive de la relation d'équivalence de corrélation). Notez que la première ligne en pointillés de la matrice de corrélation, correspondant au scénario 2.1, n'est pas définie, car l'écart-type d'une distribution constante vaut 0 et intervient dans le dénominateur de la formule de corrélation⁷.

- 37 Comme nous avons utilisé $BLM = 0$, les UP appartenant à la réserve sont dispersées (fig. 14) et la comparaison visuelle est difficile. Nous avons donc opté pour une comparaison quantitative basée sur la matrice de corrélation entre toutes les solutions de la réserve :

$$R_{sol} = \begin{bmatrix} 1 & 0,44 & 0,42 & 0,71 & 0,62 \\ & 1 & 0,93 & 0,52 & 0,68 \\ & & 1 & 0,52 & 0,67 \\ & * & & 1 & 0,69 \\ & & & & 1 \end{bmatrix}$$

- 38 La première ligne de la matrice R_{sol} montre la corrélation entre tout scénario et le scénario 2.1 (c'est-à-dire avec un coût constant). La corrélation n'est pas nulle, car les scénarios ont des caractéristiques communes (même distribution des caractéristiques de conservation). La corrélation est faible, car la fonction de coût influence définitivement la solution. La matrice de corrélation montre que le scénario 2.4 (échelle FC de 1 à 10) est plus proche du scénario 2.1 (coût = 1), tandis que le scénario 2.5 (échelle FC 1 à 100) est plus proche des autres scénarios. Cela souligne le fait que la projection d'échelle a le défaut de sa qualité : elle lisse les données éparses, mais peut échouer à capturer les variations.
- 39 Malgré la transformation logarithmique, les solutions de réserve des scénarios 2.2 et 2.3 sont très similaires (corrélation de 0,93).

Figure 13. La distribution spatiale des coûts est représentée par un gradient de couleur allant du jaune au rouge

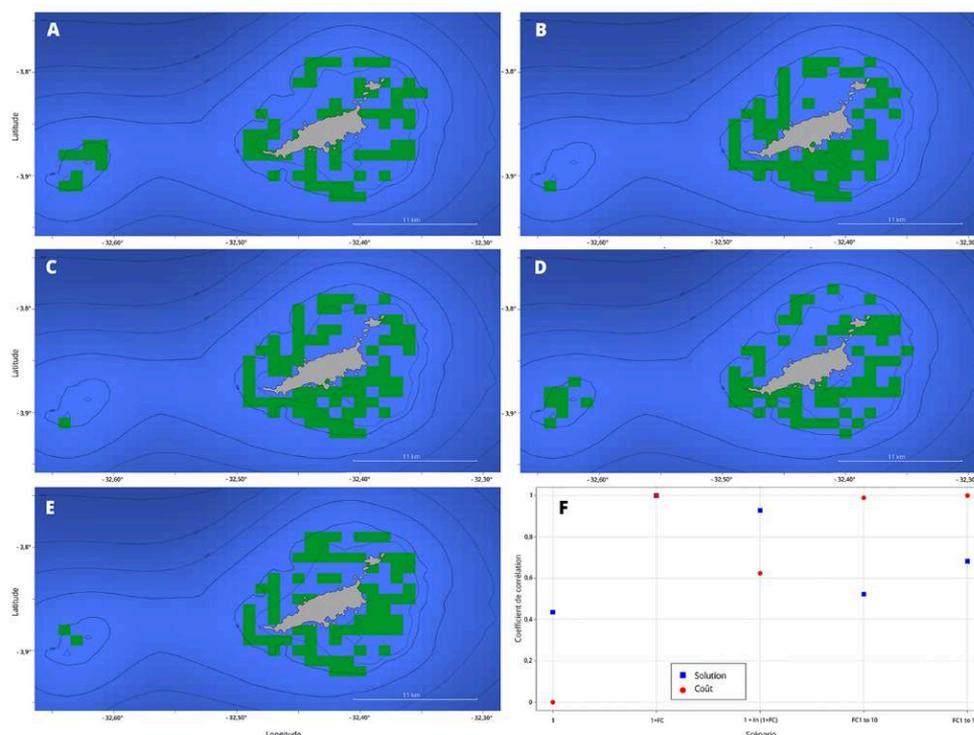


Les pixels blancs ont un coût de 1, qui n'est pas affiché.

Les coûts $\{1+FC, 1+\ln(1+FC), FC1\text{à}10, FC1\text{à}100\}$ sont respectivement représentés dans les panneaux A, B, C, D.

Source : A. Brunel, S. Lanco Bertrand

Figure 14. Trois CF avec chacune un objectif de protection de 50 %, un coût dans {1, 1+FC, 1+ln(1+FC), FC1 à10, FC1 à100} et BLM = 0 (respectivement présentées dans les panneaux A, B, C, D, E)



Les UP sélectionnées dans la solution de réserve optimale sont colorées en vert. L'optimisation a été réalisée avec PrioritizR. Le panneau F montre le coefficient de corrélation entre les distributions spatiales des coûts (cercle rouge) et des solutions (carré bleu) d'un scénario à l'autre. Le scénario 2.2 (coût = 1+FC) est choisi comme référence. Le coefficient de corrélation pour le scénario 2.1 n'existe pas (car la distribution des coûts est constante) et est arbitrairement fixé à 0.

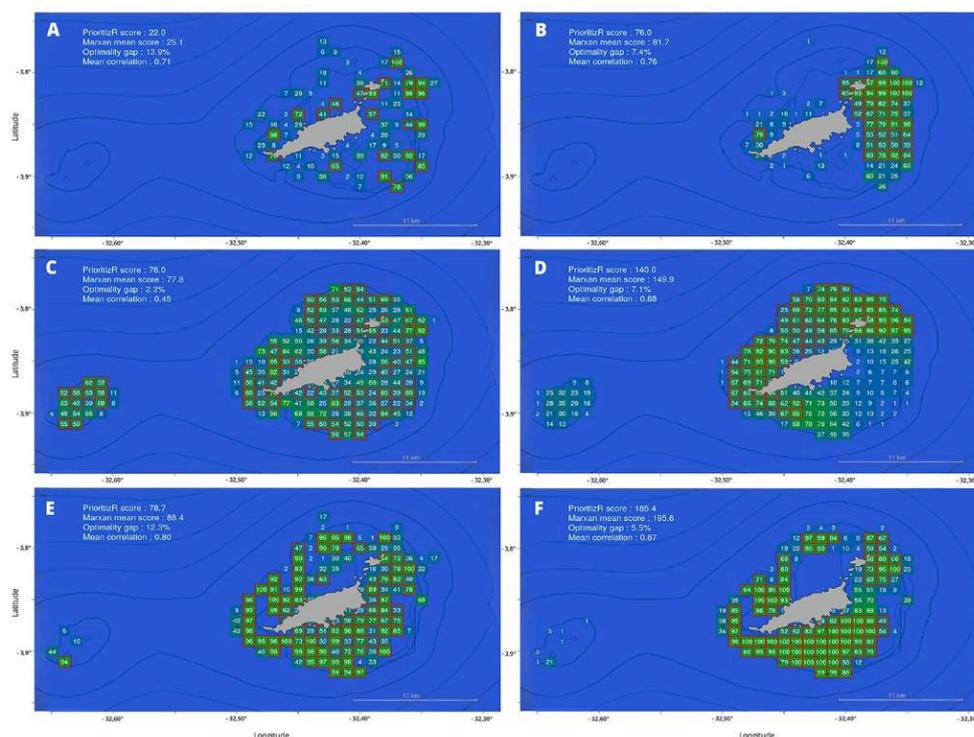
Source : A. Brunel, S. Lanco Bertrand

- 40 En examinant le lien (fig. 14, panneau F) entre la distribution des coûts (cercles rouges) et la corrélation des solutions de réserve associées (carrés bleus), en prenant le scénario 2.2 arbitraire comme référence (2^e ligne de coefficient des matrices de corrélation susmentionnées), on constate qu'une distribution des coûts similaire peut aboutir à une solution de réserve différente (voir les coûts « FC1 à 10 » et « FC1 à 100 ») alors qu'un coût différent peut conduire à une solution de réserve similaire (voir le coût « 1+ln(1+FC) »).

Algorithmes méta-heuristiques (Marxan) et exacts (prioritizR)

- 41 Par nature, Marxan donne un nombre défini par l'utilisateur (fixé à 100 dans cet exemple) de solutions sous-optimales, contrairement à prioritizR qui fournit une seule solution optimale. Le score moyen de Marxan s'établit de 2 % (fig. 15, panneau C) à 14 % (fig. 15, panneau A) de la solution optimale selon le scénario considéré. La corrélation moyenne entre la solution optimale de prioritizR et les itérations de Marxan varie de 0,45 (panneau C) à 0,87 (panneau F). Nous avons observé un ordre de grandeur similaire pour le temps de calcul pour Marxan et prioritizR.

Figure 15



- (A) Une CF avec une cible de protection de 50 %, coût=1 et BLM=0.
 (B) Une CF avec une cible de protection de 50 %, coût=1 et BLM=1.
 (C) Trois CF avec chacune une cible de protection de 50 %, coût=1 et BLM=0.
 (D) Trois CF avec chacune une cible de protection de 50 %, coût=1 et BLM=1.
 (E) Trois CF avec chacune un objectif de protection de 50 %, coût=1+ln(1+FC) et BLM=0.
 (F) Trois CF avec chacune un objectif de protection de 50 %, coût=1+ln(1+FC) et BLM=1.

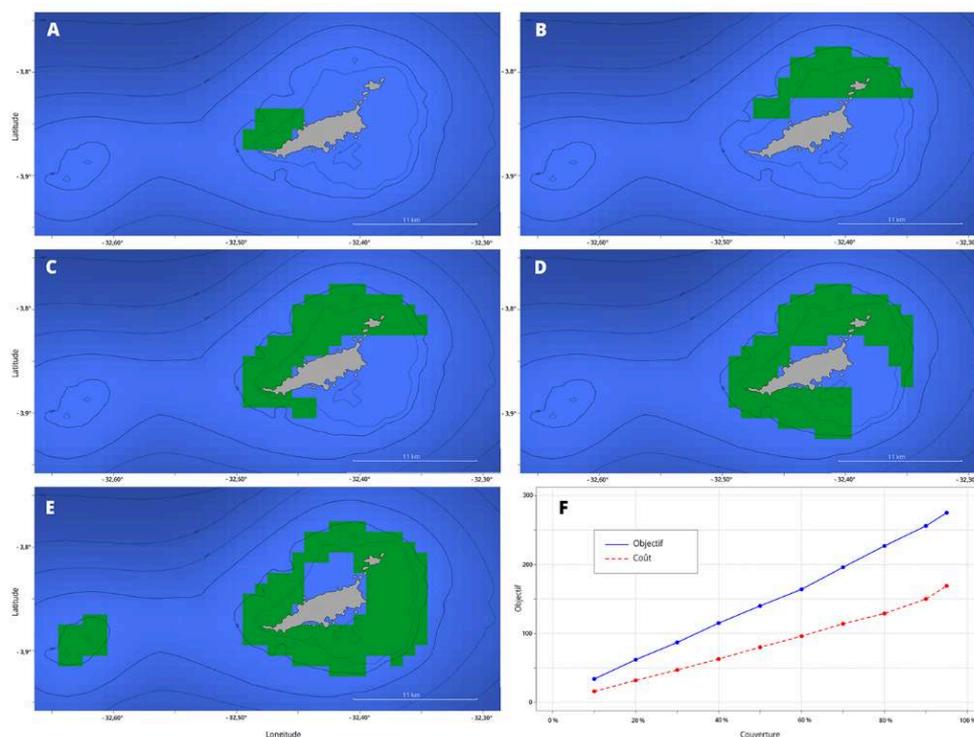
Les UP sélectionnées dans la solution de réserve optimale par Marxan sont représentées par un gradient de bleu à vert selon la fréquence de sélection parmi 100 itérations de Marxan (chiffre blanc à l'intérieur de l'UP). La bordure rouge autour de l'UP indique la sélection par prioritizr.

Source : A. Brunel, S. Lanco Bertrand

Analyse de sensibilité aux cibles

- 42 L'effet le plus évident de l'augmentation de la valeur cible de conservation est l'augmentation de la surface de la solution de réserve (fig. 16). De plus, la réserve semble se concentrer dans le parc marin de Fernando de Noronha pour finalement le couvrir dans le cas de 90 % (fig. 16, panneau E). Ce résultat doit être pris avec précaution, car il est dû à la distribution de CF1, les données acoustiques n'étant disponibles que dans le parc marin. Le fait que la solution de réserve entoure lentement Fernando de Noronha est provoqué par l'activation du BLM, car le solveur d'optimisation favorisera une réserve compacte (en un seul morceau) si possible. En traçant à la fois la fonction objectif et les valeurs de coût pour les différentes valeurs cibles (fig. 16, panneau F), nous pouvons informer/appuyer la prise de décision, car les planificateurs peuvent choisir quantitativement un niveau de protection (valeur cible).

Figure 16. Trois CF avec chacune un objectif de protection dans {10 %, 30 %, 50 %, 70 %, 90 %}, coût=1 et BLM=1 (respectivement dans les panneaux A, B, C, D, E)



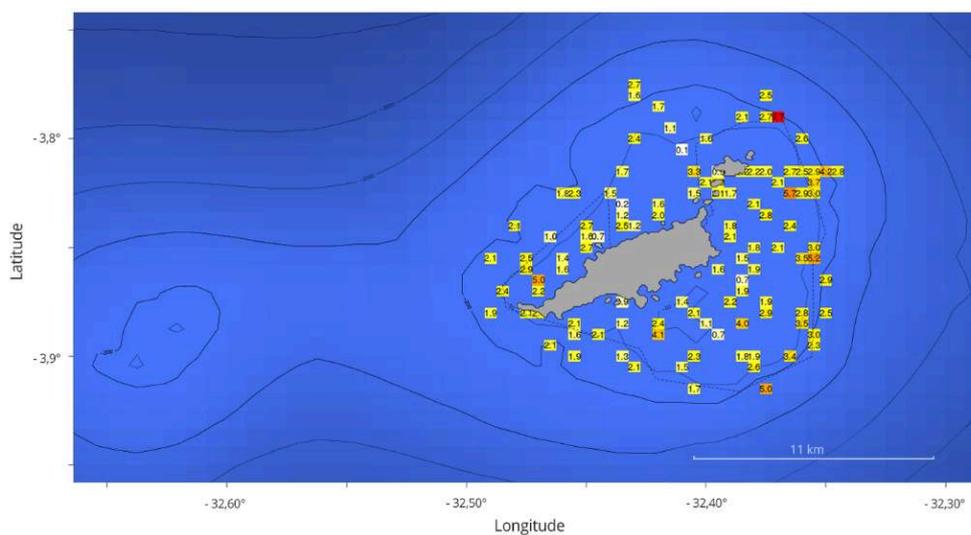
Les UP sélectionnées dans la solution de réserve optimale sont colorées en vert. L'optimisation a été effectuée avec PrioritizR. Le panneau F montre les évolutions respectives de la fonction objectif (en bleu) et du coût (c'est-à-dire le nombre d'UP sélectionnées, en rouge) en fonction de l'objectif de conservation choisi.

Source : A. Brunel, S. Lanco Bertrand

Influence de la résolution

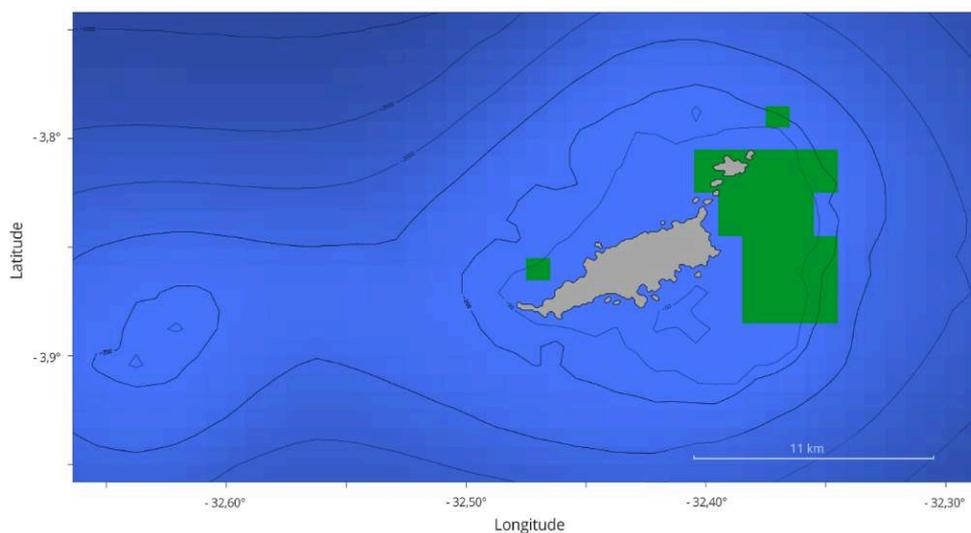
- 43 La figure 17 illustre ce qu'il advient des données acoustiques lorsque la résolution de la grille est quatre fois plus fine que celle des données. L'augmentation de la résolution se traduit par une délimitation plus précise de la réserve, avec des UP plus dispersées (comparaison entre les figures 18 et 19), et une surface totale de réserve quatre fois plus petite (38 UP de résolution 0,01° contre 41 UP de résolution 0.005°). Sur la base de ce constat, il semble judicieux de collecter des données aussi précises que possible pour avoir accès à une résolution fine.

Figure 17. CF1 basée sur des données acoustiques traitées avec une résolution de 0,005°, c'est-à-dire une grille de 41 x 71 cellules



Source : A. Brunel, S. Lanco Bertrand

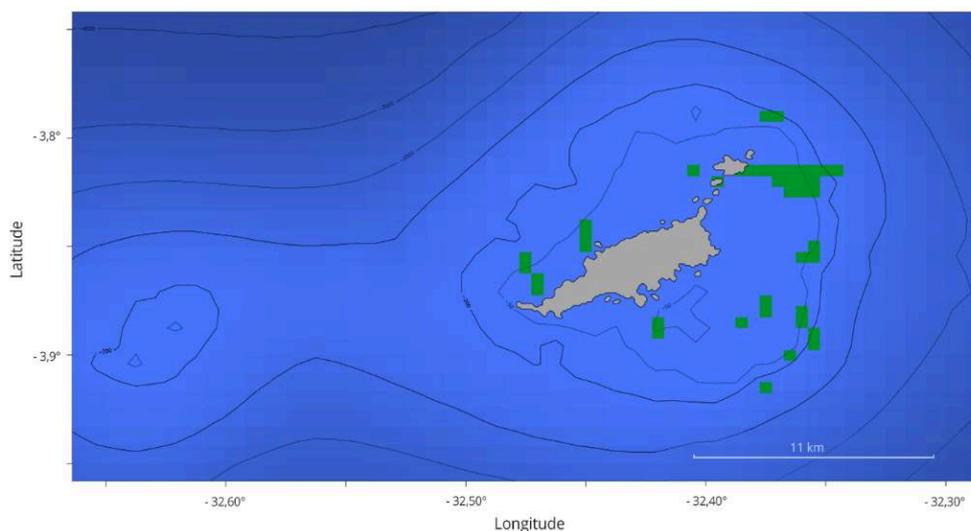
Figure 18. Une CF avec un objectif de protection de 50 %, un coût de 1 et un BLM de 1 (scénario 5.1)



Les UP sélectionnées dans la solution de réserve optimale sont colorées en vert. Optimisation réalisée avec PrioritizR avec une résolution de grille de 21 x 36.

Source : A. Brunel, S. Lanco Bertrand

Figure 19. Une CF avec un objectif de protection de 50 %, un coût de 1 et un BLM de 1 (scénario 5.2)



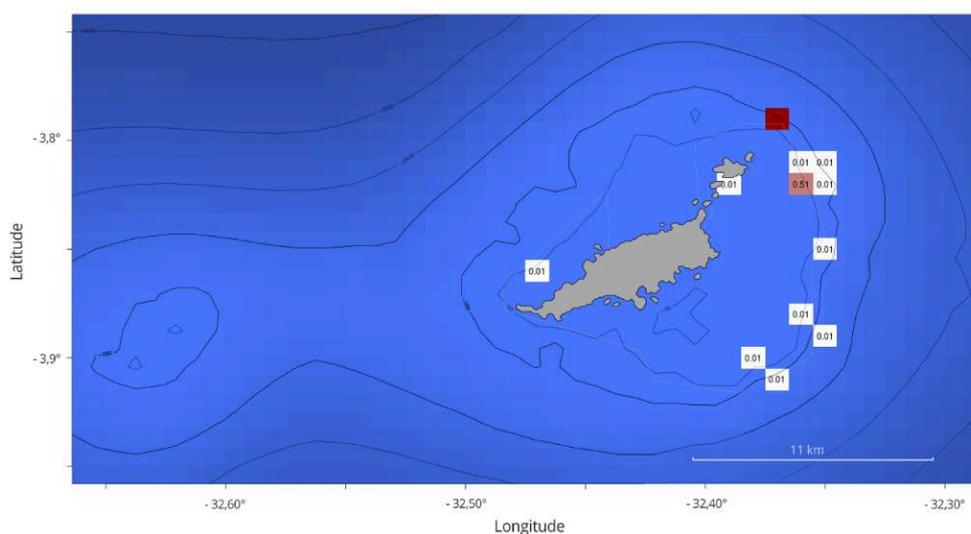
Les UP sélectionnées dans la solution de réserve optimale sont colorées en vert. Optimisation réalisée avec PrioritizR avec une résolution de grille de 41 x 71.

Source : A. Brunel, S. Lanco Bertrand

Irremplaçabilité

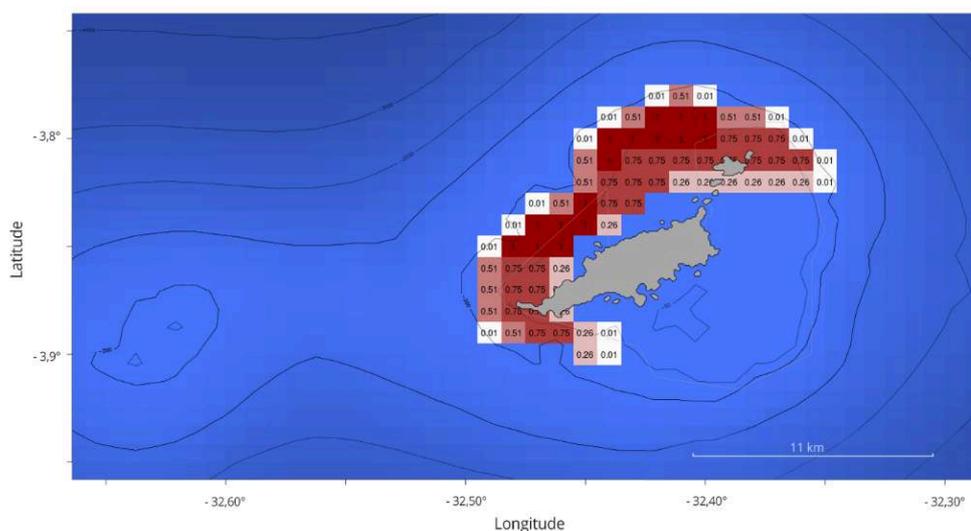
- 44 Nous pouvons voir sur les cartes calculées pour les scénarios 3.1 (fig. 20) et 1.3 (fig. 21) que l'irremplaçabilité présente des schémas spatiaux différents selon le scénario, la plupart des UP n'étant pas irremplaçables (à l'exception de l'UP nord-est qui a une valeur de 1) pour le scénario 3.1, tandis qu'il y a un gradient d'irremplaçabilité du cœur vers la périphérie pour le scénario 1.3, ce qui est probablement dû à un effet BLM.

Figure 20. Carte de distribution de l'irremplaçabilité du scénario 3.1



Source : A. Brunel, S. Lanco Bertrand

Figure 21. Carte de distribution de l'irremplaçabilité du scénario 1.3



Source : A. Brunel, S. Lanco Bertrand

Discussion

Éléments à questionner

- 45 Le choix des données brutes en entrée, qui représentent un point de vue particulier parmi d'autres, influencera fortement le résultat des OAD. Par conséquent, en fonction de l'objectif des actions de conservation, et pour intégrer les intérêts d'un large éventail de parties prenantes, nous devrions intégrer tous les ensembles de données nécessaires pour garantir que tous les besoins sont correctement intégrés dans le processus de sélection des réserves. Par exemple, notre application didactique ne représentait que l'activité de quelques pêcheurs, éliminant ainsi de notre champ d'action les besoins des pêcheurs non répertoriés et ceux d'autres parties prenantes de secteurs complètement différents (tourisme, énergie, transit maritime, etc.). Dans le cas de plusieurs points de vue différents des parties prenantes, il est conseillé de construire plusieurs fonctions de coût à vue unique plutôt qu'une vue multiple complexe pour des raisons de clarté.
- 46 Ensuite, un inconvénient inhérent à toute approche de PSM est l'influence du processus de transformation des données brutes initiales en entrée compatible et compréhensible par l'OAD. En effet, il existe de nombreuses façons de transformer des données spatialement explicites en une valeur scalaire géographique et donc de construire un fichier d'entrée, et nous avons clairement démontré la grande influence de la génération de la fonction de coût (constante, $1+FC$, $1+\ln(1+FC)$) dérivée de la même information initiale (données brutes). Cela souligne l'importance de la transparence de ces approches afin d'interpréter de manière critique les résultats des OAD. Dans ce contexte, les analyses de sensibilité sont extrêmement précieuses et informatives.
- 47 Ensuite, comme nous l'avons observé à plusieurs reprises avec notre utilisation des données acoustiques, Marxan comprend un indice d'abondance nul comme une absence certaine alors qu'il peut être dû à un manque de données (les transects des bateaux n'ont simplement pas couvert cette zone). Il est clair que les pêcheurs n'iraient pas à

l'ouest de Fernando de Noronha s'il n'y a pas de poissons. Le résultat de la réserve ne reflète que la qualité et la quantité des données d'entrée, ce qui est une question clé soulevée par le manque ou l'hétérogénéité des données. Cela met en évidence le besoin complexe d'un substitut de données ou d'un traitement permettant d'avoir la même résolution de données et la même représentativité sans distorsion de l'information. Cependant, même si les données acoustiques étaient parfaites, cela ne signifie pas que le niveau observé à l'endroit observé soit certain.

- 48 Le cadre d'optimisation tel qu'il est formulé par les outils ici mis en œuvre empêche de prendre en compte l'incertitude des données, ce qui constitue une faiblesse majeure de cette approche ; cela a effectivement été identifié comme une lacune à combler dans la méta-analyse de PINARBAŞI *et al.* (2017) sur les OAD.
- 49 D'un point de vue plus philosophique, nous pourrions suggérer que les DST devraient au moins inclure les formulations MinSet et MaxCov, car elles sont toutes deux également subjectives, mais la dernière peut dans certains cas être plus satisfaisante, car l'objectif de conservation est explicitement énoncé dans le problème d'optimisation : maximiser la conservation de la biodiversité sous une contrainte déterminée *a priori* d'utilisation humaine de l'espace et des ressources. Ce paradigme était initialement dominant, mais le développement et l'utilisation de Marxan ont imposé la formulation « *minimum set* » comme canonique jusqu'à aujourd'hui.
- 50 Enfin, les OAD sont spatialement explicites et statiques (les données ne sont pas dépendantes du temps) et se concentrent sur la perte de bénéfices concernant l'utilisation humaine de l'espace et des ressources. Il est donc assez malaisé de mettre en évidence le bénéfice obtenu grâce à une aire marine protégée, en utilisant de tels outils.

Messages à retenir

- 51 Dans cette section, nous visons à fournir des messages clés pour chaque partie prenante impliquée dans un projet de PSM utilisant des OAD, indépendamment de leur niveau technique et d'implication :
- Les OAD de sélection de sites de réserve dérivent une solution couvrant des caractéristiques de conservation par rapport à des objectifs de protection établis *a priori* tout en minimisant un coût en termes d'impact sur les activités humaines.
 - Le processus de sélection des réserves est intrinsèquement subjectif et nécessite donc une grande transparence concernant les données et les paramètres utilisés pour les OAD afin de favoriser les critiques constructives et les améliorations.
 - Les algorithmes exacts doivent être privilégiés, car ils facilitent l'interprétation des solutions (une seule solution optimale à interpréter contre une multitude de solutions sous-optimales pour Marxan) et le traitement en plus d'ouvrir des perspectives sur la conception des réserves en général (simulation de scénarios multiples).
 - Comme les résultats peuvent être fortement dépendants des données utilisées et de leur traitement, ils doivent être considérés avec une grande précaution et les analyses de sensibilité sont fortement recommandées.
 - Toute valeur « NA » (qui signifie potentiellement une absence d'échantillonnage) dans les données d'entrée est pratiquement traitée comme une valeur zéro, donc interprétée comme une absence certaine.

- Le traitement des données est intrinsèquement subjectif et doit toujours être ouvert aux critiques et aux améliorations.
- Bien que basé sur les mêmes observations, le traitement des données peut potentiellement conduire à des solutions de réserve différentes.
- Plus la résolution des données est bonne, plus la taille de la réserve est petite.
- Plus les objectifs de couverture sont élevés, plus la taille de la réserve est importante. Les objectifs ne sont pas des paramètres de réglage et doivent être guidés par des considérations écologiques.
- Le paramètre BLM, qui règle la compacité de la réserve, doit être activé et sa valeur exacte doit être motivée en fonction des résultats d'une analyse de sensibilité. Des valeurs trop élevées de BLM favorisent l'apparition d'artefacts numériques indésirables tels que « l'effet de frontière ».
- Bien que coûteuses en calcul, les cartes d'irremplaçabilité apportent un autre éclairage sur le problème de la conservation, car elles permettent de cartographier et de hiérarchiser les actions de conservation et les unités de planification à prioriser.
- Des analyses de sensibilité (sur les cibles de conservation, les BLM, le choix et le traitement des données) doivent être effectuées afin de fournir une compréhension critique de la formulation du problème et des solutions de réserve calculées.
- La multiplication des simulations de scénarios permet de mieux appréhender les enjeux de conservation et les conflits potentiels. Elles permettent d'évaluer si les résultats sont robustes ou non, c'est-à-dire s'ils dépendent fortement des données utilisées ou s'ils sont généralisables. La simulation de multiples scénarios à point de vue (c'est-à-dire à coût) unique permet de représenter les intérêts de toutes les parties prenantes et ainsi de mieux aborder la résolution des conflits et éviter les risques d'accaparement des espaces marins.

BIBLIOGRAPHIE

ARDRON J. A., POSSINGHAM H. P., KLEIN C. J., 2010

Marxan good practices handbook, version 2. Victoria, Pacific Marine Analysis and Research Association, 165 p. www.pacmara.org.

BALL I. R., POSSINGHAM H. P., 2000

Marxan (V 1.8.6): marine reserve design using spatially explicit annealing. User manual, Brisbane. <http://www.uq.edu.au/marxan/documentation>

BALL I. R., POSSINGHAM H., WATTS M. E., 2009

« Marxan and relatives: software for spatial conservation prioritisation ». In Moilanen A., Wilson K. A., Possingham H. (eds) : *Spatial conservation prioritisation: quantitative methods & computational tools.* Oxford, Oxford University Press : 185-189.

BELTRÃO T., 2019

Analysis of the spatial behaviour of fishing activity in the Fernando de Noronha archipelago (Northeast, BR), based on GPS data. Mémoire de Master, Universidade Federal Rural de Pernambuco.

- BEYER H. L., DUJARDIN Y., WATTS M. E., POSSINGHAM H. P., 2016
Solving conservation planning problems with integer linear programming. *Ecological Modelling*, 328 : 14-22.
- CABEZA M., MOILANEN A. (2006)
Replacement cost: a practical measure of site value for cost-effective reserve planning. *Biological Conservation*, 132 (3) : 332-346.
- CHURCH R. L., STOMS D. M., DAVIS F. W., 1996
Reserve selection as a maximal covering location problem. *Biological conservation*, 76 : 105-112.
- COCKS K. D., BAIRD I. A., 1989
Using mathematical programming to address the multiple reserve selection problem: an example from the Eyre Peninsula, South Australia. *Biological Conservation*, 49 (2) : 113-130.
- DIAMOND J. M., 1975
The island dilemma: lessons of modern biogeographic studies for the design of natural reserves. *Biological Conservation*, 7 (2) : 129-146.
- EUROPEAN COMMISSION, 2014
Innovation in the blue economy: realising the potential of our seas and oceans for jobs and growth. COM (2014) 254, Bruxelles, Commission européenne.
- EUROPEAN COMMISSION, 2017
Report on the blue growth strategy towards more sustainable growth and jobs in the blue economy. SWD (2017)128, Bruxelles, Commission européenne.
- GAME E. T., GRANTHAM H. S., 2008
Marxan user manual for Marxan version 1.8.10. St. Lucia/Vancouver, University of Queensland/Pacific Marine Analysis and Research Association.
- GASTON K. J., 2000
Global patterns in biodiversity. *Nature*, 405 : 220-227.
- GEHLBACH F. R., 1975
Investigation, evaluation and priority ranking of natural areas. *Biological Conservation*, 8 (2) : 79-88.
- GOLDSMITH F. B., 1975
The evaluation of ecological resources in the countryside for conservation purposes. *Biological Conservation*, 8 (2) : 89-96.
- HANSON J. O., SCHUSTER R., MORRELL N., *et al.*, 2020
prioritizr: Systematic Conservation Prioritization in R. R package version 5.0.1. <https://CRAN.R-project.org/package=prioritizr>
- HELLIWELL D. R., 1967
The amenity value of trees and woodlands. *Arboricultural Association Journal*, 1 (5) : 128-131.
- KIRKPATRICK J. B., 1983
An iterative method for establishing priorities for the selection of nature reserves: an example from Tasmania. *Biological Conservation*, 25 : 127-134.
- MACARTHUR R. H., WILSON E. O., 1967
The theory of island biogeography. Princeton, Princeton University Press, 203 p.

MARGULES C. R., PRESSEY R. L., 2000

Systematic conservation planning. *Nature*, 405 : 243-253.

MARGULES C., NICHOLLS A. O., PRESSEY R. L., 1988

Selecting networks of reserves to maximise biological diversity. *Biological Conservation*, 43 (1) : 63-76.

MAY R. M., 1975

Islands biogeography and the design of wildlife preserves. *Nature*, 254 (5497) : 177-178.

PINARBAŞI K., GALPARSORO I., BORJA A., 2017

Decision support tools in marine spatial planning: present applications, gaps and future perspectives. *Marine Policy*, 83 : 83-91.

POSSINGHAM H. P., DAY J., GOLDFISH M., SALZBORN F., 1993

« The mathematics of designing a network of protected areas for conservation ». In Sutton D. J., Pearce C. E. M., Cousins E. A. (eds) : *Decision sciences: tools for today. Proceedings of 12th National ASOR Conference, ASOR, Adelaide, Australia* : 536-545

POSSINGHAM H. P., BALL I., ANDELMAN S., 2000

« Mathematical methods for identifying representative reserve networks ». In Ferson S., Burgman M. (eds) : *Quantitative methods for conservation biology*. Berlin, Springer : 291-306.

POSSINGHAM H. P., WILSON K. A., ANDELMAN S., VYNNE C., 2006

« Protected areas: goals, limitations, and design ». In Groom M. J., Meffe G. K., Carroll R. C. (eds) : *Principles of conservation biology*. 3^e édition, Sunderland, Mass, Sinauer Associates : 507-549.

PRESSEY R. L., 1994

Ad Hoc reservations: forward or backward steps in developing representative reserve systems? *Conservation Biology*, 8 (3) : 662-668

PRESSEY R. L., TULLY S. L., 1994

The cost of *ad hoc* reservation: a case study in western New South Wales. *Australian Journal of Ecology*, 19 : 375-384.

PRESSEY R. L., NICHOLLS A. O., 1989

Application of a numerical algorithm to the selection of reserves in semi-arid New South Wales. *Biological Conservation*, 50 (1-4) : 263-278.

RABE F. W., SAVAGE N. L., 1979

A methodology for the selection of aquatic natural areas. *Biological Conservation*, 15 (4) : 291-300.

SCHUSTER R., HANSON J. O., STRIMAS-MACKEY M., BENNETT J. R., 2020

Exact integer linear programming solvers outperform simulated annealing for solving conservation planning problems. *PeerJ*, 8 : e9258.

SIMBERLOFF D. S., 1976

Species turnover and equilibrium island biogeography. *Science*, 194 (4265) : 572-578.

SIMBERLOFF D. S., ABELE L. G., 1976

Island biogeography theory and conservation practice. *Science*, 191 (4224) : 285-286.

SOULÉ M. E., SIMBERLOFF D. S., 1986

What do genetics and ecology tell us about the design of nature reserves? *Biological Conservation*, 35 (1) : 19-40.

TANS W., 1974

Priority ranking of biotic natural areas. *Michigan Botanist*, 13 : 31-39.

TUBBS C. R., BLACKWOOD J. W., 1971

Ecological evaluation of land for planning purposes. *Biological Conservation*, 3 (3) : 169-172.

WRIGHT D. F., 1977

A site evaluation scheme for use in the assessment of potential nature reserves. *Biological Conservation*, 11 (4) : 293-305.

WWF, 2018

Principles for a sustainable blue economy. WWF Briefing. https://d2ouvy59p0dg6k.cloudfront.net/downloads/wwf_marine_briefing_principles_blue_economy.pdf

NOTES

1. Marxan et prioritizr sont intégralement disponibles à : <https://github.com/AdrienBrunel/reserve-site-selection>
2. Par « élément de conservation », on entend une entité biotique ou abiotique donnée qui mérite d'être prise en considération dans le cadre de la conservation (espèce, habitat, etc.).
3. Évalué du point de vue du gestionnaire.
4. Il est possible de faire appel au solveur commercial de Gurobi à la place pour améliorer les performances de calcul.
5. Nous évitons le kirgeage des données par souci de simplicité.
6. Deux distribution spatiales (coût ou solution) sont considérées comme des variables aléatoires indépendantes X et Y. La corrélation statistique entre X et Y est alors donnée par : $r_{XY} = \frac{cov(X,Y)}{\sigma_X \sigma_Y}$
7. Deux distributions spatiales (coût ou solution) sont considérées comme des variables aléatoires indépendantes X et Y. La corrélation statistique entre X et Y est une métrique d'intérêt et est

donnée par : $r_{XY} = \frac{cov(X,Y)}{\sigma_X \sigma_Y}$. Une corrélation de 1 signifie que les cartes sont identiques.

AUTEURS

ADRIEN BRUNEL

Mathématicien et statisticien pour l'écologie marine, Marbec, IRD, France.

SOPHIE LANCO BERTRAND

Écologue marin, Marbec, IRD, France.

Chapitre 16. L'interdisciplinarité en questions

Olivier Ragueneau

Introduction

- 1 La santé des écosystèmes marins côtiers continue de décliner à un rythme sans précédent, malgré les nombreuses interventions des scientifiques, des organisations gouvernementales et non gouvernementales et des diverses parties prenantes (BENHAM et DANIELL, 2016). Les océans et les régions côtières sont de plus en plus menacés, dégradés ou détruits par des comportements humains tels que la pollution marine, la surpêche ou l'extraction non durable des ressources marines, ainsi que par le changement climatique anthropique et ses effets associés sur l'élévation du niveau de la mer, l'augmentation de la température des océans, l'acidification et la désoxygénation des océans (IPCC, 2013 ; UN, 2017). Avec l'essor des sciences de la résilience (HOLLING, 2001) et de la durabilité (KATES *et al.*, 2001), les approches intégrées deviennent de plus en plus saillantes et les appels à l'interdisciplinarité (FRODEMAN *et al.*, 2017), à la transdisciplinarité (LANG *et al.*, 2012) et aux approches participatives (BARRETEAU *et al.*, 2010), deviennent essentiels pour soutenir la prise de décision en vue de concilier les utilisations humaines des services écosystémiques et la conservation de l'intégrité de ces écosystèmes.
- 2 La toute première Conférence des Nations unies sur les océans, qui s'est tenue en 2017, a souligné la nécessité cruciale d'une « approche intégrée, interdisciplinaire et intersectorielle, ainsi que d'une coopération, d'une coordination et d'une cohérence politique renforcées, à tous les niveaux » (UN, 2017, p. 2). De même, la Décennie des Nations unies pour les sciences océaniques au service du développement durable, qui se tient de 2021 à 2030, s'efforce de « mobiliser, stimuler et coordonner les efforts de recherche interdisciplinaire » (UN, 2019, p. 8).
- 3 La gestion intégrée des zones côtières (GIZC) et la planification spatiale marine (PSM) sont les deux principaux instruments qui ont été créés pour traiter les problèmes

critiques dans la zone côtière. Ils illustrent l'évolution vers une communauté de recherche sur le changement global plus intégré (MOONEY *et al.*, 2013) ainsi qu'un renouvellement de la politique scientifique dans la zone côtière, qu'il nous faut traiter comme un « cadre de gouvernance » (BREMER et GLAVOVIC, 2013). MOONEY et ses collaborateurs (2013) ont décrit l'évolution des principaux programmes de recherche sur l'environnement mondial (Programme international géosphère-biosphère, IGBP, Programme international sur les dimensions humaines du changement environnemental global, IHDP, etc.), suite à la création du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (Giec) en 1988, pour finalement fusionner au sein de la plateforme Future Earth en 2012. Dans ce contexte, la recherche devient plus interdisciplinaire – notamment entre les vastes domaines, les « deux cultures » (SNOW, 1959) que sont les sciences naturelles et les sciences humaines et sociales –, plus participative, collaborative avec de nombreux acteurs non académiques ; elle devient également davantage orientée-solutions, dans une perspective d'aide à la prise de décision (Future Earth 2025 vision).

- 4 La gouvernance participative est décrite ailleurs dans ce volume (voir le chapitre 13), tout comme les nouveaux outils pour des interactions innovantes entre les communautés, les parties prenantes et les organisations gouvernementales, dans ce contexte de PSM tropicale. Ici, l'accent sera mis sur l'interdisciplinarité à travers des questions qui peuvent s'appliquer à la PSM, mais qui présentent un intérêt plus large pour tout type d'instrument émergent dédié à la prise en compte de la complexité des systèmes dits socio-écologiques (LIU *et al.*, 2007 ; OSTROM, 2009).
- 5 La première partie reviendra sur les définitions : interdisciplinarité, entre multi- et transdisciplinarité ; interdisciplinarité entre discipline et indiscipline... Interdisciplinarité vraie ou cosmétique, large ou étroite, de quoi s'agit-il ? Et laquelle semble la plus appropriée pour la PSM ? La deuxième partie reviendra sur les raisons qui justifient ce besoin d'interdisciplinarité, entre complexité et anthropocène. Les deux sections suivantes exploreront les obstacles à une véritable interdisciplinarité et les leviers qui pourraient la favoriser. Les objets-frontières et les cadres-frontières sont essentiels à cet égard et la PSM en constitue un bel exemple. Dans la dernière section, j'explorerai les implications de l'interdisciplinarité, en termes épistémologiques – notamment en ce qui concerne la formation des jeunes chercheurs – et en termes « philosophiques », notamment en ce qui concerne les nombreuses formes actuelles de repli sur soi et le besoin crucial de collaboration pour relever les grands défis auxquels nous sommes confrontés aujourd'hui, en tant qu'espèce.

Interdisciplinarité : de quoi parlons-nous ?

Entre pluri et trans...

- 6 Pluridisciplinarité, multidisciplinarité, interdisciplinarité, transdisciplinarité... Ces termes sont souvent confondus et mal utilisés, bien qu'ils renvoient à des définitions épistémologiques et à des processus de recherche très différents. J'ai apprécié la métaphore utilisée par F. Conway (Oregon State University, Corvallis, USA) pour distinguer ces termes, quand je l'ai interrogée sur ces définitions : des fruits, dispersés dans leurs champs, pour la « pluri- » ; des fruits, toujours séparés dans leurs cageots, mais dans le même magasin, pour la « multi » ; des fruits mélangés dans une salade de

fruits pour « l'inter- », toujours reconnaissables ; et enfin, un smoothie pour la transdisciplinarité. C'est une vision qui ressemble à l'échelle d'interactions entre disciplines fournie par BLANCHARD et VANDERLINDEN (2010) ou aux quatre scénarios de croisement des connaissances décrits par MACMYNOWSKI (2007) : de l'ignorance mutuelle – voire conflictuelle – à une transformation radicale grâce à des interactions profondes. Voici une illustration de cette diversité d'interactions possibles, dans mon laboratoire, mon institut et mon université.

- 7 L'université de Brest est pluridisciplinaire, avec ses facultés de lettres et sciences humaines, de sciences tout court (ce qui souligne l'un des problèmes abordés plus loin), de droit, d'économie, de sport... avec peu d'interactions entre elles. En 1997, les laboratoires et les chercheurs travaillant sur la mer se sont regroupés au sein d'un institut d'études marines, l'Institut universitaire européen de la mer (IUEM), constituant la « faculté mer » de l'université, multidisciplinaire, mais avec encore peu d'interactions entre les différentes disciplines. Parce que la proximité géographique joue un rôle important dans la construction de l'interdisciplinarité (RECKERS et HANSEN, 2015), le fait de réunir ces scientifiques dans un même bâtiment, les mêmes couloirs, a stimulé de fortes interactions et accru les coopérations interdisciplinaires entre les scientifiques de différentes disciplines, par exemple pour travailler sur le caractère insoutenable de la rade de Brest (RAGUENEAU *et al.*, 2018). En ce sens, une véritable interdisciplinarité implique le partage de méthodes, d'outils, de concepts, pour travailler ensemble sur un objet commun, toutes les disciplines étant traitées de manière égale.
- 8 La transdisciplinarité mérite une mention spéciale, car elle comporte plusieurs acceptions conduisant à une certaine confusion. BLANCHARD et VANDERLINDEN (2010) la définissent comme transcendant les disciplines, conduisant parfois à la création d'une méta-discipline. Le smoothie illustre l'idée que les interactions entre les disciplines deviennent si fortes que nous ne reconnaissons même plus la contribution de chacune d'elles au produit final. Les sciences de la communication sont prises comme exemple par WOLTON (2013), conduisant même à des biais attribués antérieurement aux disciplines lorsque ces méta-disciplines cherchent à être reconnues par les institutions comme... discipline. Mais il existe une autre définition de la transdisciplinarité, souvent utilisée dans le domaine des sciences de la soutenabilité, à savoir le travail avec des personnes extérieures au monde universitaire : communautés, parties prenantes, organisations gouvernementales et non gouvernementales, etc. Une telle définition est utilisée par LANG *et al.* (2012) et de nombreux autres chercheurs, ainsi que dans de nombreux documents officiels recherchant des approches intégrées (plateforme Future Earth, documents des Nations unies, appels à projets de l'Union européenne, UE, etc.). La recherche-action constitue un exemple de cette transdisciplinarité, illustrée dans les KAN (*knowledge action networks*) de Future Earth.
- 9 POHL (2011) a fourni un bel aperçu des définitions et des approches transdisciplinaires, lorsque la transdisciplinarité implique de transgresser les frontières disciplinaires et peut, en outre, impliquer un certain travail avec des parties prenantes externes. Ou pas, et c'est de là que la confusion peut surgir. Pour BENHAM et DANIELL (2016), ce sont à la fois la transcendance des disciplines et l'engagement avec les parties prenantes autour de problèmes sociétaux – pour résoudre des questions complexes et apporter une aide à la décision – qui distinguent les approches transdisciplinaires du travail interdisciplinaire. Mais en même temps, ils notent : « La recherche transdisciplinaire,

lorsqu'elle est entreprise de manière participative avec les parties prenantes (c'est-à-dire, la recherche transdisciplinaire et participative), peut éclairer la prise de décision publique et offrir une approche nouvelle pour comprendre des problèmes complexes ». La transdisciplinarité est-elle donc la somme de l'interdisciplinarité et de l'engagement avec les parties prenantes ? Compte tenu de la pluralité des définitions, il semble préférable que chaque chercheur définisse d'emblée l'acception dans laquelle il utilisera ce terme et, surtout, que ce terme de transdisciplinarité ne soit pas utilisé « à toutes les sauces », sinon il deviendra vite un « mot-valise » et perdra toute sa force, comme d'autres concepts importants dans ce domaine (par exemple, la co-construction, ou la co-production de connaissances).

Pourquoi l'interdisciplinarité ?

- 10 Peut-être qu'une façon d'échapper à ces difficultés serait d'utiliser le terme « interdisciplinarité » dans un sens plus générique, « pour couvrir les formations inter-, multi-, cross-, trans- et autres formations extra-disciplinaires », comme le suggèrent FRODEMAN et MITCHAM (2007). En fait, ces auteurs en appellent à une *interdisciplinarité critique* qui poserait la question essentielle de la pertinence : la connaissance pour quoi faire ?
- 11 La connaissance pour la connaissance tout d'abord. Tout au long de la plus longue partie de l'histoire des sciences, ces connaissances ont été larges, pré-disciplinaires plutôt qu'interdisciplinaires. La spécialisation – et tout particulièrement la séparation entre les sciences de la nature et les sciences humaines et sociales (DESCOLA, 2005) – est apparue au XIX^e siècle avec l'industrialisation et l'idée de société, conduisant aux différentes branches des sciences naturelles (physique, chimie, biologie, etc.), des sciences sociales (sociologie, économie, science politique, etc.) et des sciences humaines (philosophie, langues anciennes et modernes, histoire, histoire de l'art, etc.). Le XX^e siècle a exacerbé cette séparation. Il a clairement conduit à des améliorations majeures dans chaque branche de la connaissance, avec des conséquences à la fois dramatiques et enthousiasmantes pour l'humanité, car la science et la technologie ont fusionné pour le pire comme pour le meilleur, conduisant à une perception très ambiguë de la science par la société (STENGERS, 1997 ; JARRIGE, 2016).
- 12 Deux éléments majeurs ont été perdus sur cette voie de la spécialisation : la capacité à aborder la complexité et le lien avec la société lorsque la science s'est enfermée dans des laboratoires. Le lien avec le politique a également été perdu, M. Weber distinguant clairement « le savant et le politique » au tout début du XX^e siècle (WEBER, 1919). Après la Seconde Guerre mondiale, la grande accélération a démarré et 30 ans plus tard, une tendance à la rationalisation s'est généralisée avec des impacts énormes sur de nombreux pans des activités humaines, sinon tous ; nous sommes devenus « gouvernés par les nombres » (SUPIOT, 2015), avec des pertes encore plus importantes : comme le cite T. S. Eliott, la sagesse a disparu derrière la connaissance... La connaissance a disparu derrière l'information et comme l'ajoute encore F. TADDEI (2018), l'information a disparu derrière la donnée. Tous les domaines de la vie sont touchés, y compris ceux que l'on aurait imaginés les plus à l'abri de cette tendance : le droit, le soin, l'éducation, etc. La science ne fait pas exception : les notions d'expertise, d'excellence même (nécessairement disciplinaire), d'objectivité et de neutralité apparaissent comme une composante épistémologique majeure de la science.

- 13 Au cours des deux ou trois dernières décennies, une évolution notable est apparue, avec de nombreux appels à l'interdisciplinarité pour aborder la complexité, relier plutôt que séparer (MORIN, 2005). Notre entrée dans l'anthropocène (CRUTZEN, 2002) n'y est pas étrangère. L'interdisciplinarité est en effet de plus en plus considérée par la science et la société comme un moyen important de faire face à la complexité des problèmes auxquels nous sommes confrontés, en particulier à l'interface entre l'humain et la nature (KLEIN, 2004). Il s'agit donc d'intégrer les connaissances, non seulement pour mieux comprendre cette complexité, mais également pour informer les affaires publiques (FRODEMAN et MITCHAM, 2007). Pour beaucoup, nous sommes entrés dans une période dite post-normale (SARDAR, 2010) caractérisée par le chaos, la complexité, l'incertitude. Dans ces environnements où « les faits sont incertains, les valeurs contestées, les enjeux élevés et les décisions urgentes », les décideurs et les gestionnaires sont sous pression et ont désespérément besoin de nouvelles approches qui pourraient les aider à étayer leurs décisions (BENHAM et DANIELL, 2016, citant FUNTOWICZ et RAVETZ, 1993). L'interdisciplinarité entreprise en même temps que les approches participatives avec les différentes parties prenantes sont les prémisses de ces approches systémiques, qu'elles soient appelées transdisciplinarité (BENHAM et DANIELL, 2016) ou interdisciplinarité critique (FRODEMAN et MITCHAM, 2007).
- 14 Le problème est que... les difficultés pour parvenir à une véritable interdisciplinarité sont proportionnelles à ses promesses.

Entre étroite et large

- 15 Changeons le curseur et naviguons parmi les disciplines universitaires pour explorer les différents degrés d'interdisciplinarité, entre étroite et large tout d'abord. L'évolution vers la disciplinarité au cours du XX^e siècle était probablement nécessaire. Comme le citent FRODEMAN et MITCHAM (2007), « Cette approche analytique et disciplinaire a fait progresser notre compréhension de la nature et a contribué au développement de la puissance technologique », pour le meilleur et pour le pire comme nous l'avons déjà dit. Le problème est que la disciplinarité se voit ou s'est même développée contre l'interdisciplinarité, bien que des philosophes comme Heidegger aient développé une thèse complémentaire : « le cloisonnement ne fait pas que séparer les disciplines... il produit aussi un trafic frontalier entre elles » (HEIDEGGER, 1977). Deux problèmes majeurs, peut-être inattendus, se posent en effet : (1) ce que J. KELLY (1996) appellerait l'interdisciplinarité étroite, c'est-à-dire l'interdisciplinarité entre des disciplines de domaines scientifiques relativement proches (par exemple au sein même des sciences naturelles, ou des sciences sociales ; cela pourrait même être entre différentes disciplines d'un sous-domaine comme la biologie), au lieu d'enrichir les points de vue, a conduit à un nombre encore plus grand de disciplines et à des champs d'investigation de plus en plus étroits : la physique et la géologie ont fusionné dans la géophysique, la biologie et la chimie dans la biochimie, créant ainsi encore « plus d'ontologies régionales » (FRODEMAN et MITCHAM, 2007). (2) la spécialisation est devenue si forte dans les différentes disciplines que le « trafic frontalier » est devenu extrêmement difficile à entreprendre.
- 16 Je suis biogéochimiste, un domaine interdisciplinaire étroit, peut-être transdisciplinaire au sens de BLANCHARD et VANDERLINDEN (2010), qui aime explorer le cycle du silicium. Bien que j'aie suivi des cours sur le cycle d'autres éléments tels que

l'azote ou le phosphore, je suis un biogéochimiste spécialiste du silicium (presque une discipline donc) et des collaborations avec des spécialistes des cycles de l'azote, du phosphore ou du fer sont nécessaires pour étudier le fonctionnement des écosystèmes, sans même parler des collaborations nécessaires avec des scientifiques en physique ou en écologie. Je pourrais aller plus loin encore dans l'étroitesse, en disant qu'un biogéochimiste, spécialiste du cycle du silicium en milieu terrestre travaille dans un monde très différent de celui d'un biogéochimiste, spécialisé dans l'étude du cycle marin de ce même élément ; de fait, j'ai fini par coordonner un réseau de formation par la recherche (RTN, Research Training Network, actions Marie Curie de l'UE) pour favoriser les collaborations « interdisciplinaires » entre biogéochimistes terrestres et marins pour travailler sur le cycle du silicium le long du continuum terre-mer (RAGUENEAU *et al.*, 2010). Je pourrais dire la même chose des scientifiques travaillant sur le silicium dans les eaux de surface de l'océan et de ceux qui essaient de comprendre le cycle benthique du silicium ou qui utilisent les débris siliceux dans les carottes de sédiments en tant que proxy paléocéanographique des relations passées entre le climat et la productivité océanique ; eux aussi travaillent dans des mondes parallèles, bien qu'ils bénéficieraient beaucoup d'une telle collaboration « interdisciplinaire », par exemple en termes de calibration de proxys (RAGUENEAU *et al.*, 2000).

- 17 Je qualifierais ce type d'interdisciplinarité de « très étroite », bien qu'elle exige déjà de nombreux efforts en termes de temps et de coût intellectuel, pour pouvoir collaborer, se comprendre. Je reviendrai plusieurs fois sur ces coûts, car ils me semblent essentiels, tant pour des raisons épistémologiques que philosophiques. Une interdisciplinarité étroite serait lorsque le biogéochimiste marin travaillerait avec des océanographes physiologistes et/ou biologistes pour explorer le fonctionnement des écosystèmes marins. Nous restons dans le vaste domaine des sciences naturelles, en quelque sorte dans notre zone de confort où nous pouvons nous parler. L'interdisciplinarité devient de plus en plus large, à mesure que nous sortons de notre zone de confort et que nous entrons en collaboration avec des scientifiques d'autres grands domaines, tels que celui des sciences humaines et sociales.
- 18 Une expertise très spécialisée dans des domaines tels que la physique, la chimie ou la science des matériaux peut être nécessaire, par exemple, aux archéologues expérimentaux pour mieux comprendre les industries lithiques anciennes (LÉA, 2020). Plusieurs disciplines se sont même développées à partir des interactions entre les sciences naturelles et les sciences sociales (écologie politique, ethnobiologie, sociophytologie, etc.) : les humanités environnementales se développent aujourd'hui un peu partout (BIRD ROSE, 2019). Mais, la grande majorité des interactions entre les sciences naturelles et sociales est clairement liée à la grande accélération et à notre entrée dans l'anthropocène (CRUTZEN, 2002). MOONEY et ses collaborateurs (2013) ont donné un bel aperçu de l'évolution des programmes de recherche sur le changement climatique vers l'intégration des sciences naturelles et sociales, au cours des trois dernières décennies, aboutissant à la création de la plateforme Future Earth en 2012. Ils démontrent le rôle crucial des évaluations de l'état du climat mondial et de la biodiversité (création du Giec en 1988, évaluation des écosystèmes pour le millénaire en 2005, évaluation mondiale de la biodiversité en 1995) et de disciplines clés telles que la géographie, pré-adaptée aux études interdisciplinaires, dans l'essor des programmes et du financement de ces grands programmes intégrés.

- 19 Ces auteurs décrivent également la naissance des sciences de la soutenabilité (KATES *et al.*, 2001) et la formidable augmentation des publications appartenant à ce domaine, autour des notions de systèmes socio-écologiques (LIU *et al.*, 2007) et de cogestion adaptative (KOFINAS, 2009). Comme indiqué plus haut, l'exploration du fonctionnement et des trajectoires des systèmes socio-écologiques nécessite de tels dialogues entre ces grands domaines, notamment pour explorer les liens entre l'humain et la nature, entre les modèles sociaux et biophysiques des cadres conceptuels socio-écologiques (OSTROM, 2009 ; COLLINS *et al.*, 2010 ; BRETAGNOLLE *et al.*, 2019). Il en va de même lorsqu'on étudie l'utilisation d'instruments tels que la GIZC et la PSM. Le temps et le coût intellectuel énormes nécessaires pour s'engager dans de telles collaborations entre ces « deux cultures » sont tout aussi évidents (SNOW, 1959, voir ci-dessous).
- 20 Enfin, l'interdisciplinarité devient encore plus large lorsqu'elle se fait critique ou trans-, lorsqu'elle quitte les campus et s'adresse à des collaborations avec le « monde réel », en dehors du milieu universitaire. Elle exige un pas de plus : que les scientifiques reconnaissent que le savoir est distribué entre toutes les composantes de la société et que l'hybridation des connaissances est nécessaire pour éclairer la prise de décision en ces temps d'incertitude (PESTRE, 2013 ; ZANOTTI et PALOMINO-SCHALSCHA, 2016).

Entre vraie et cosmétique

- 21 Il est important de reconnaître que cette évolution de la recherche vers une intégration interdisciplinaire pour relever des défis majeurs tels que le changement climatique, reste très théorique. Il existe de nombreuses injonctions à l'interdisciplinarité, mais cela n'implique pas qu'une véritable *interdisciplinarité* soit entreprise et réellement atteinte (NIELSEN et D'HAEN, 2014). Par exemple, une analyse des rapports du Giec publiée il y a seulement une décennie a démontré que l'interdisciplinarité reste très étroite, dans le domaine des sciences naturelles du climat, avec très peu d'incursions dans les sciences sociales qualitatives (BJURSTRÖM et POLK, 2011). Je reviendrai dans la prochaine section sur les difficultés d'intégration entre des disciplines aux épistémologies dissemblables, mais je voudrais insister ici, dans cette section sur les définitions, sur le terme « véritable interdisciplinarité ».
- 22 Par « véritable interdisciplinarité », j'entends l'interdisciplinarité entreprise en s'affranchissant des biais de service ou de cosmétique. Le biais de service est joliment décrit dans VISEU (2015), qui rend compte de sa difficile intégration en tant que sociologue dans un institut de recherche médicale. Dans ce cas, les scientifiques en sciences humaines et sociales (SHS) sont surtout considérés comme des facilitateurs du dialogue entre les (« vrais ») scientifiques et la société. Le biais de service est également présent lorsque les SHS sont appelées à n'étudier que les perceptions ou l'acceptabilité. Comme le citent ALLMENDINGER et ses collaborateurs (2013) dans une note de politique européenne relative à l'engagement des SHS dans l'initiative H2020 : « Le rôle des sciences humaines n'est pas simplement d'aider la science et les entreprises à réduire la résistance du public ou à accroître l'acceptation des innovations scientifiques et technologiques ». Le biais cosmétique est quant à lui plus difficile à documenter, mais il se rapporte à la liste des difficultés discutées ci-dessous, car il a longtemps renforcé le problème du manque de confiance entre les sciences de la nature (SN) et les SHS. De nombreux témoignages font état de scientifiques en sciences humaines appelés 24 h avant la date limite de soumission d'un projet, pour cocher la case, et à qui l'on

demande simplement d'étudier les perceptions et les représentations de tel ou tel objet de recherche ou d'innovation technologique (CHLOUS, 2014). Cette soi-disant interdisciplinarité est cosmétique lorsque les scientifiques en sciences humaines ne sont pas interrogés sur la manière dont leurs questions de recherche peuvent être intégrées dans le projet de recherche ou, mieux, sur la manière dont ils pourraient réellement s'engager dans ce projet avec leur propre question de recherche comme contribution au problème général à traiter.

- 23 Au contraire, une véritable interdisciplinarité impliquerait que (1) toutes les composantes de la recherche et tous les chercheurs soient traités sur un pied d'égalité, depuis la conception du projet de recherche jusqu'à l'analyse des résultats et leur diffusion (ALLMENDINGER *et al.*, 2013), (2) une communication appropriée entre les disciplines (qui fait souvent défaut, voir NIELSEN et D'HAEN, 2014) soit assurée tout au long du processus de recherche, tant en ce qui concerne les résultats de la recherche que les méthodes de recherche, et (3) peut-être le plus difficile, l'intégration soit assurée par le développement de méthodes, d'outils, de concepts, qui permettent la synthèse des connaissances à travers des données, des approches, parfois même des écoles de pensée très hétérogènes. À cet égard, une différence majeure entre les sciences naturelles et les sciences humaines et sociales réside dans le débat qualitatif/quantitatif et l'intégration de ces approches ; ceci est crucial et constituera une partie majeure de la dernière section de ce chapitre.
- 24 Je vais maintenant explorer les facteurs qui entravent cette véritable interdisciplinarité, avant de fournir quelques pistes pour la favoriser ; d'abord par l'intermédiaire d'objets et de cadres-frontières, et ensuite et peut-être surtout, au-delà des approches, par l'inclusion de considérations épistémologiques et philosophiques pour démontrer combien il est crucial que nous parvenions à développer véritablement ces approches intégrées. Les obstacles sont si nombreux et si forts qu'une véritable indisciplinisme sera nécessaire si nous voulons réussir dans cette entreprise (WOLTON, 2013).

Obstacles et leviers pour une véritable interdisciplinarité

- 25 Il existe une littérature abondante sur les obstacles à l'interdisciplinarité. Il est intéressant de noter, comme l'a fait remarquer MACMYNOWSKI (2007), que si le besoin d'une interdisciplinarité plus importante et de meilleure qualité s'est fait sentir dans la littérature scientifique consacrée aux sciences environnementales, la discussion fait à peine référence aux décennies de littérature abondante sur l'interdisciplinarité dans les études sur la science et les technologies (*science and technology studies*, STS).
- 26 Dans la littérature scientifique sur le changement global, les explications se rapportent à différentes catégories, allant de considérations épistémologiques aux problèmes d'organisation de la recherche et de la formation sur les campus. En parlant d'épistémologie et d'ontologie, les sciences biophysiques et sociales appartiennent tout simplement à deux cultures différentes (SNOW, 1959), avec des concepts, des méthodes, des écoles de pensée bien distinctes. Les discours, avec leur « jargon » différent, sont extrêmement difficiles à (ré)concilier (WEAR, 1999). En parlant de problèmes structurels concernant la recherche, les chercheurs invoquent des défis dans le processus

d'évaluation comme dans les modes de financement. En ce qui concerne l'éducation, les universités sont souvent organisées en silos disciplinaires, ce qui empêche la fertilisation croisée (HART *et al.*, 2015). Le recrutement des jeunes chercheurs se fait dans le cadre de disciplines reconnues et il est largement admis que l'ampleur de l'interdisciplinarité ne peut remplacer la profondeur, voire l'excellence de la formation disciplinaire. Ce débat entre l'étendue (« *width* ») et la profondeur (« *breadth* ») constitue un véritable fossé séparant les pour et les contre l'idée de formation interdisciplinaire (FISCHER *et al.*, 2011). Le temps est une autre contrainte majeure, car il fait cruellement défaut en cette période d'accélération (ROSA, 2012), alors qu'il serait absolument nécessaire pour permettre l'apprentissage et l'établissement de la confiance requis par ces interactions (STRANG, 2009). Je reviendrai sur cet aspect du temps, car derrière lui se cache toute l'organisation de notre système de recherche et d'éducation et les priorités qui devraient être rediscutées entre les chercheurs et leurs financeurs/décideurs.

- 27 Si les chercheurs en environnement qui explorent l'interdisciplinarité se sont concentrés sur ces aspects, les chercheurs en STS ont mené des enquêtes sur les disciplines et la migration disciplinaire. Qu'est-ce qu'une discipline ? Quelle autorité est associée à une discipline donnée ? Pourquoi les disciplines sont-elles hiérarchisées ? Quel pouvoir se cache derrière une telle hiérarchisation ? Quel est leur statut dans l'Académie et dans la société ? Comment cela entrave-t-il les interactions entre les sciences sociales et biophysiques ? Le pouvoir et la connaissance sont étroitement liés (FOUCAULT, 1980 ; MAZÉ *et al.*, 2017) et cela a de profondes implications pour notre discussion sur l'interdisciplinarité entre ces deux grands domaines de recherche scientifique ainsi qu'à l'interface entre la science et la société (MACMYNOWSKI, 2007).
- 28 En effet, un obstacle majeur aux interactions entre certaines sciences humaines et sociales et les sciences dites « exactes » réside dans la séparation entre le qualitatif et le quantitatif, qui reflète différentes visions du monde, de statut scientifique et de pouvoir. N'oubliez pas qu'à l'école, si vous étiez un bon élève ou étudiant, on vous encourageait à suivre des cours de mathématiques ou de physique. Si vous étiez un peu moins bon, vous preniez des cours de chimie. La biologie n'était peut-être pas si mal... Si vous n'excellez pas en sciences, vous preniez l'économie ou la géographie qui jouent encore avec les chiffres. Sinon, eh bien... Vous étiez invités à vous diriger vers les langues étrangères (et là encore, l'Allemand si vous étiez bon, l'espagnol sinon...), la littérature ou la sociologie. Cette hiérarchisation reflète clairement le statut scientifique de ces disciplines et leur reconnaissance sociale. Comme nous l'avons dit plus haut, nous sommes gouvernés par les nombres (SUPIOT, 2015). Toutes les analyses qualitatives ont été peu à peu écartées, principalement parce qu'elles font référence à la subjectivité alors que les données, la « vraie science », font référence à l'objectivité et approchent la « vérité ». Cité par MACMYNOWSKI (2007) convoquant des auteurs importants dans le domaine des STS : « Une prétention à l'objectivité pure est une prétention à connaître la "vérité", et donc, une prétention à l'autorité et au pouvoir (HARAWAY, 1992, MERCHANT, 1992, FEYERABRAND, 1993) ». Il est à noter que cette divergence entre qualitatif et quantitatif existe également au sein même du domaine des sciences sociales, lorsque les analyses quantitatives (par exemple, les questionnaires fermés) sont clairement privilégiées par rapport aux méthodes plus qualitatives (entretiens) qui sont censées fournir des résultats moins rigoureux, souvent incohérents – voire contradictoires – chez une même personne au cours d'un entretien (BERCHT, 2021), ou

lorsque les disciplines s'appuyant sur des méthodes rationnelles et quantitatives sont clairement privilégiées dans les débats sur le changement global par rapport aux analyses plus humaines et qualitatives (STOKNES, 2014).

- 29 Ces hypothèses reflètent la nature différente des objets d'étude des sciences naturelles et des sciences humaines et sociales. La nature a longtemps été considérée comme compréhensible et décrite par des nombres et des lois régulières, selon une approche cartésienne et déductive, avec des hypothèses de travail vérifiables expérimentalement. En revanche, nous ne pouvons pas expérimenter avec les humains, qui sont caractérisés par une grande complexité, des émotions, des valeurs, qui empêchent toute analyse en termes de rationalité pure. Il est évident que demander à un cartésien, un naturaliste, de s'engager avec tel ou tel spécialiste des sciences humaines et sociales, en prenant ces humains et cette société comme objets de recherche, aboutit souvent à un sentiment désespéré chez les biophysiciens qui ne veulent pas en arriver là (MACMYNOWSKI, 2007), ce qui a été parfaitement résumé comme suit par BRADSHAW et BEKOFF (2001) :

« Intégrer les sciences biophysiques et sociales signifie ramener les concepts et les attributs – par exemple l'expérience subjective –, ceux-là mêmes qui, par leur exclusion historique de la science, ont défini la science. L'intégration des sciences sociales dans les études biophysiques a attiré l'attention non seulement sur les interactions entre les humains et les systèmes écologiques, mais aussi sur la manière dont la science fonctionne en tant que partie d'un système plus large entre nature, savoirs et société ».

- 30 La réflexion sur les interactions entre SN et SHS renvoie directement à ces questions de pouvoir, de hiérarchie, d'autorité et, surtout, à la place de la connaissance dans la société et à la place des chercheurs dans la recherche de solutions aux grands problèmes auxquels nous sommes confrontés, en particulier à l'interface entre l'humain et la nature. Il est clair que les problèmes environnementaux et sociaux ne peuvent plus être traités séparément (CHAKRAVARTY *et al.*, 2009 ; RAGUENEAU, 2020). La nature ne peut pas être décrite par de simples lois mathématiques en ces temps post-normaux (FUNTOWICZ et RAVETZ, 1993) et l'homme ne peut pas non plus être considéré comme purement rationnel et conscient (KAHNEMAN, 2012) ou même neuronal (CHANGEUX, 2012). La complexité est omniprésente et décuplée lorsqu'il s'agit de systèmes socio-écologiques. Le système climatique et le problème du changement climatique illustrent parfaitement la nécessité d'une meilleure intégration des sciences sociales qualitatives avec les sciences naturelles, notamment climatiques (JASANOFF, 2010). Les STS et les recherches critiques sur le climat ont montré que les études climatiques ignorent trop souvent la dimension qualitative et interprétative qui est pourtant indispensable pour appréhender les dimensions politiques et éthiques du changement climatique (JASANOFF, 2010 ; KLEPP et CHAVEZ-RODRIGUEZ, 2018). Les questions d'inégalités sociales exacerbées par le changement climatique entre pauvres et riches, Sud et Nord, hommes et femmes, générations passées, présentes et futures sont négligées par rapport à la recherche de solutions technologiques, notamment sous la forme de croissance verte ou bleue (BAER *et al.*, 2008 ; RAGUENEAU, 2020). Un débat similaire a lieu concernant un instrument comme la PSM, selon qu'il est utilisé comme un outil économique visant à maximiser l'utilisation de l'environnement et des ressources côtières dans une perspective de croissance bleue, ou selon qu'il s'agisse d'un outil politique dédié à l'amélioration du bien-être des communautés locales, dans une perspective plus radicale, telle que décrite par FLANNERY *et al.* (2016).

- 31 Tout comme les chercheurs qui étudient les rapports du Giec regrettent le manque de spécialistes en sciences sociales comme auteurs principaux, même dans le groupe de travail II sur l'impact et l'adaptation (VICTOR, 2015), ou la prédominance des sciences naturelles et de l'économie néoclassique dans les études climatiques plus générales (STOKNES, 2014), négligeant le comportement humain, si important et si difficile à saisir (voir l'approche en psychosociologie environnementale développée par GIFFORD, 1987), FLANNERY *et al.* (2016) rapportent que « l'attention portée au large éventail d'impacts distributifs potentiels causés et tolérés par une approche non critique de la PSM est insuffisante ». En fait, seul un cinquième des quelque 1 200 articles sur la PSM qu'ils ont étudiés (Scopus) provenait des sciences sociales et seule une poignée d'entre eux adoptait une position critique. Le plus souvent, comme pour le climat, la tradition positiviste de gestion rationnelle des ressources naturelles était clairement dominante, sans vraiment explorer qui bénéficie réellement de la PSM en tant que nouvelle forme de gestion des zones côtières : « sans une appréciation plus large des impacts sociaux et distributifs, nous pourrions finir par adopter des systèmes de PSM qui sont socialement régressifs et même peut-être "diaboliques", du moins au sens utilisé par BAUM (2011) pour indiquer qu'il néglige les besoins des personnes les plus vulnérables » (FLANNERY *et al.*, 2016). Dans ce numéro spécial de *Planning Theory and Practice* sur la PSM, il est clairement indiqué que ces risques peuvent être limités par l'utilisation d'une approche participative, impliquant toutes les parties prenantes et adoptant un processus de planification flexible (KELLY, 2016, in FLANNERY *et al.*, 2016).
- 32 Cet aspect très important est des plus utiles pour passer des barrières aux leviers à l'interdisciplinarité, en particulier par l'idée de « travail aux frontières » (« *boundary work* ») et de co-production des connaissances. En fait, MACMYNOWSKI (2007) nous rappelle que les besoins d'interdisciplinarité remontent à près d'un siècle : ils n'ont pas attendu notre entrée dans l'ère anthropocène et post-normale, bien que ceux-ci exacerbent ce besoin d'intégration pour répondre aux défis sociétaux qui deviennent urgents. Les obstacles à l'interdisciplinarité répertoriés plus haut ont en réalité été identifiés il y a longtemps (par exemple CHUBIN, 1976). Ces obstacles qui ralentissent le « trafic frontalier » (HEIDEGGER, 1977) entre les disciplines ont été étudiés plus récemment par les chercheurs des STS qui explorent des leviers susceptibles de transcender ces difficultés et de faciliter les interactions entre les disciplines, en particulier celles qui travaillent sur les interfaces et le travail aux frontières, comme « les actes et les structures qui créent, maintiennent et font tomber les frontières » (voir KLEIN, 1996, pour une revue). Le travail sur les frontières peut s'appliquer aux interfaces entre les disciplines (STAR et GRIESEMEIER, 1989 ; KLEIN, 1996), mais aussi entre les personnes et les organisations, ou entre la science et la société (voir les travaux pionniers de GIERYN, 1983, ou de JASANOFF, 1987 pour les travaux entre la science et la politique). Elle peut également s'appliquer au travail conjoint entre le savoir académique et le savoir indigène pour favoriser une recherche interculturelle qui prendrait réellement au sérieux les « différentes manières de savoir » (ZANOTTI et PALOMINO-SCHALSCHA, 2016), ou entre l'art et la science, pour favoriser différentes manières d'explorer un objet ou un concept commun et confronter leurs approches différentes de la complexité, de l'incertitude, de la créativité (BENESSIA *et al.*, 2012).
- 33 MATTOR et ses collaborateurs (2014) ont démontré l'utilité du travail aux frontières tel qu'il est appliqué à l'étude de la gouvernance environnementale. Ils ont montré comment les *concepts-frontières* – définis comme « des concepts vagues qui créent des

alliances entre des domaines de la connaissance et des domaines professionnels tout en protégeant l'autorité et la légitimité du domaine d'origine des participants » (LÖWY, 1992) – les ont aidés à développer un langage commun et une compréhension partagée entre des disciplines très différentes, facilitant même leur travail ultérieur au-delà du milieu universitaire. Ils ont développé un *objet-frontière* (STAR, 2010) – sous la forme d'un cadre de gouvernance théorique – pour renforcer l'intégration entre les disciplines, prendre en compte les différents facteurs affectant la gouvernance environnementale de leur région et mieux rendre compte des rôles cruciaux du pouvoir, de la connaissance et des échelles dans cette gouvernance. Enfin, ils ont montré la chance qu'ils avaient de bénéficier d'un *cadre-frontière* favorable, tant externe qu'interne, pour transcender les barrières institutionnelles et logistiques identifiées par MORSE *et al.* (2007), tant pour la recherche que pour la formation.

- 34 Le projet « Planning in a liquid world with tropical stakes » (Paddle) en tant que tel est un excellent exemple d'un tel cadre-frontière, créant les conditions qui favorisent le travail à différentes interfaces en raison de sa structuration interdisciplinaire, parce qu'il s'agit d'un projet « Research and innovation staff exchange » (RISE) et parce qu'il se concentre sur la PSM.
- 35 La PSM elle-même est un bel exemple de cadre-frontière favorisant les activités intersectorielles : elle encourage le travail d'intégration verticale entre de multiples acteurs (gestionnaires, parties prenantes, décideurs politiques) travaillant ensemble horizontalement dans les différents domaines des activités maritimes (transport maritime, ports, exploitation du pétrole et du gaz, aquaculture, pêche, production d'énergie en mer, tourisme, protection de la nature, etc.). Une telle intégration implique de travailler au-delà des frontières au niveau professionnel, physique, institutionnel et administratif. Ce thème de l'intégration intersectorielle est étroitement lié à celui de l'implication des parties prenantes et de la gouvernance participative, tel que traité dans TOONEN *et al.* (voir le chapitre 13 de cet ouvrage).
- 36 Le programme Rise Marie-Curie est également un cadre-frontière, car il encourage les collaborations intersectorielles et internationales. Dans le cas du projet Paddle, il fournit un excellent contexte pour explorer l'idée de mettre en œuvre la PSM –, un instrument occidental moderne dédié à la durabilité des océans et des eaux côtières, comme la gestion intégrée des zones côtières – dans des pays tiers par le biais d'outils tels que des détachements de scientifiques, des ateliers et des conférences internationales, ou des ateliers de formation pour renforcer les capacités. En ce sens, il participe au « processus de décolonisation » en cours (FERDINAND, 2019 ; ZANOTTI et PALOMINO-SCHALSCHA, 2016) qui vise à stimuler l'attention et le respect envers des épistémologies et ontologies plurielles, bien au-delà de l'ontologie moderne basée sur une séparation claire entre nature et culture (voir aussi ESCOBAR, 2018).
- 37 Pour explorer ces dimensions intersectorielles et interculturelles de la PSM, le projet Paddle lui-même est organisé comme un cadre-frontière visant à favoriser le travail interdisciplinaire et transdisciplinaire. Le projet est organisé en groupes de travail (*work package*, WP) disciplinaires (par exemple, le WP 2 pour les processus écologiques, le WP 3 pour la politique et la gouvernance), mais l'interdisciplinarité est encouragée et facilitée par des détachements, des ateliers interdisciplinaires et un WP dédié à l'analyse interdisciplinaire (WP 5). La transdisciplinarité est particulièrement explorée dans le WP 4 (défis et solutions), sur chaque site d'étude au Sénégal, au Cabo Verde¹ et au Brésil où les scientifiques locaux travaillent activement avec les acteurs locaux.

38 Plusieurs outils ou approches ont servi d'objets-frontières pour renforcer les actions inter- et transdisciplinaires au cours du projet Paddle, démontrant leur pertinence à cette fin. Ils se trouvent dans les différents chapitres de cet ouvrage (BRUNEL et LANCO BERTRAND, SOUDANT *et al*, TROUILLET *et al*, respectivement les chapitres 15, 5 et 10), mais quelques exemples peuvent être fournis ici à titre d'illustration. Les outils d'aide à la décision sont largement utilisés dans le cadre des projets de PSM (PINARBAŞI *et al.*, 2017) et ils ont été étudiés par des spécialistes des sciences naturelles et des sciences humaines et sociales dans le cadre du projet Paddle, ce qui a permis d'établir une note d'orientation qui démontre leur utilité et qui identifie les éventuels biais liés à la disponibilité des données, à l'éthique et au manque de participation des parties prenantes (par ex., BRUNEL et LANCO BERTRAND, chapitre 15 de cet ouvrage). De même, des géographes et des juristes ont travaillé ensemble à la production d'un atlas cartographique du droit de l'environnement en Afrique de l'Ouest (LE TIXERANT *et al.*, 2020). L'exploration de son utilisation par différentes institutions gouvernementales et non gouvernementales a démontré le potentiel d'une telle projection spatiale du droit dans le cadre du développement de la PSM au Sénégal, notamment à des fins de surveillance. Mais il est également démontré que de telles cartes n'ont pas encore été largement utilisées, pour des raisons qui doivent être approfondies, qu'elles soient liées au fait que la PSM n'est toujours pas effective au Sénégal, au statut des cartes qui se sont déjà avérées d'excellents objets-frontières pour favoriser l'implication des acteurs dans le contexte de la GIZC (RITCHARDS *et al.*, 2018) ou au pouvoir que détient une carte (HARLEY, 2008), qui peut constituer une barrière à la collaboration et au partage des connaissances (LE TIXERANT *et al.*, 2020).

Implications pour la formation

- 39 L'organisation des universités en silos disciplinaires est un obstacle majeur reconnu à l'interdisciplinarité (HART *et al.*, 2015). Certains sociologues et philosophes ont des mots très durs contre l'université, considérant que les facultés disciplinaires produisent des spécialistes ignorants ou une intelligence aveugle (MORIN, 2005), voire de la médiocrité (CHOMSKY, 2010). ROSA et MARSHLIS (2002) utilisent le terme « d'incapacités formées » et en effet, le problème est que la formation disciplinaire, bien que critique, se révèle insuffisante pour résoudre des problèmes scientifiques (SILLITOE, 2004) et sociétaux (KLEIN, 2004) de plus en plus complexes.
- 40 En fait, la formation interdisciplinaire est destinée à faciliter la résolution de problèmes complexes et il devrait être clair que l'interdisciplinarité elle-même est complexe et devrait incarner cette complexité tout au long du processus de recherche et de formation. Ce qui est considéré comme un obstacle pour certains peut très bien devenir un pont pour d'autres. C'est surtout une façon personnelle et ontologique de voir la recherche et l'équilibre est partout : entre discipline et indiscipline, entre sécurité et prise de risque, entre court terme et long terme, entre profondeur et ampleur, entre recherche appliquée et fondamentale... Discipline, sécurité, court terme, profondeur : c'est à cela que nos étudiants sont formés, afin de devenir des chercheurs qui approcheront sinon la vérité, du moins l'excellence dans la recherche fondamentale. Comment concilier ces besoins de formation de spécialistes disciplinaires qui permettent clairement des avancées majeures dans leur propre domaine, avec la

nécessité de traiter ces problèmes scientifiques et – peut-être plus important encore dans l’anthropocène – sociétaux de plus en plus complexes ?

- 41 Pour incarner la complexité, il est important de sortir de ces oppositions et de trouver le meilleur équilibre entre ces besoins, en fonction des étudiants, de la problématique à traiter et des contraintes académiques/programmatives rencontrées.
- 42 Le contexte culturel est primordial concernant ces contraintes, comme j’ai pu le constater en visitant plusieurs centres de la soutenabilité (*sustainability centers*) aux États-Unis et au Canada en 2016, pour en savoir plus sur leur façon de stimuler l’interdisciplinarité tant au niveau de la recherche que de la formation. En France par exemple, avec une organisation très centralisée, une importance primordiale accordée à la linéarité des cursus, aux diplômes et à l’excellence – ce qui découle probablement de cette opposition entre l’université et les « grandes écoles » accueillant les meilleurs étudiants – et une nette priorité accordée aux professions intellectuelles par rapport à la formation manuelle, les oppositions susmentionnées entre profondeur et ampleur ou entre recherche fondamentale et recherche appliquée représentent de très fortes entraves à la formation inter- et transdisciplinaire. En revanche, dans les pays moins centralisés comme les États-Unis, où l’expérience individuelle plus pragmatique ainsi que les cursus moins linéaires sont reconnus, où les étudiants peuvent choisir leurs cours presque « à la carte », offre probablement un contexte plus favorable à la formation interdisciplinaire. En effet, c’est aux États-Unis et dans les pays de tradition anglo-saxonne que les premiers centres de durabilité ont vu le jour il y a une quinzaine d’années (HART *et al.*, 2015). Le fait que l’étendue (*breadth*) de la formation permette de former des étudiants ayant un fort potentiel d’emploi en dehors et même à l’intérieur de l’académie, ou que la recherche appliquée ne soit plus opposée à la recherche fondamentale, mais que les deux soient plutôt considérées comme faisant partie d’un continuum allant de la découverte scientifique à l’application pour les besoins de la société avec des avantages mutuels, semble plus simple aux États-Unis, au Canada, en Australie ou dans la partie nord de l’Europe, que dans des pays comme le mien où une forte indisciplinisme est nécessaire pour surmonter les barrières institutionnelles et culturelles contre l’interdisciplinarité (WOLTON, 2013).
- 43 Il est important de souligner que même dans les pays où le contexte semble plus favorable, comme l’ont noté MORSE et ses collaborateurs (2007) travaillant en Idaho : « de nombreuses institutions universitaires continuent d’aborder des sujets critiques tels que la conservation de la biodiversité et le développement durable par le biais d’approches disciplinaires ». Cela s’explique souvent par le fait que « les étudiants sont tenus de satisfaire aux exigences traditionnelles du département en matière de diplômes » et, devrais-je ajouter, par le fait que le système de recherche favorise toujours la recherche disciplinaire, de sorte qu’il est toujours très risqué pour les étudiants de suivre des cours interdisciplinaires et pour les universités, d’amener leurs étudiants sur des pentes dangereuses. Cela se voit dans la manière dont les jeunes chercheurs sont recrutés comme personnel enseignant ou dans les organismes scientifiques, dans la manière dont les carrières sont évaluées en vue de promotions, ou encore dans le fait que les dossiers de publication représentent toujours un critère majeur dans le système d’évaluation. Évidemment, il est plus facile de publier dans sa propre discipline, à la fois parce que nous avons été formés de cette manière et parce qu’il y a beaucoup plus de revues disciplinaires que de possibilités interdisciplinaires de publier en dehors de ce domaine.

- 44 Par conséquent, toute tentative visant à stimuler l'interdisciplinarité pendant la formation des jeunes chercheurs, ou toute exploration des leviers permettant de stimuler cette interdisciplinarité, devraient en parallèle s'accompagner d'un vrai travail pour faire évoluer le système de recherche et son évaluation afin qu'il puisse accueillir des étudiants formés à l'interdisciplinarité et capables d'embrasser la complexité de la science ou des âges post-normaux.
- 45 La situation évolue lentement, car les universitaires et la société civile reconnaissent la nécessité d'une formation interdisciplinaire pour préparer les futurs gestionnaires, scientifiques et dirigeants à résoudre des problèmes socio-environnementaux complexes (EWEL, 2001). Des appels à la formation de scientifiques pour la soutenabilité ont été lancés il y a vingt ans (CLARKE, 2002). Des cours sont maintenant dispensés sur des problématiques (changement climatique, conservation de la biodiversité, etc.) vues sous l'angle de différentes disciplines ou même de différentes perspectives (scientifiques, gestionnaires, journalistes, décideurs politiques, artistes, etc.). La PSM représente généralement l'un de ces cadres frontières qui constituent un support idéal pour la formation interdisciplinaire, qui est même nécessaire pour renforcer le développement de cet instrument (GISSI et DE VIVERO, 2016).
- 46 Au cours des quinze dernières années, de plus en plus d'universités ont fourni la base d'une « formation à la frontière » entre les disciplines dans le cadre de programmes de troisième cycle et de doctorat. MORSE *et al.* (2007) décrivent par exemple leur expérience de lancement d'un programme interdisciplinaire de troisième cycle, en faisant état des obstacles qu'ils ont rencontrés et des passerelles qui les ont aidés à surmonter ces obstacles aux niveaux individuel, disciplinaire et programmatique, et en fournissant un ensemble de recommandations pour la conduite de recherches interdisciplinaires dans le cadre de programmes d'études supérieures. Celles-ci comprennent la responsabilisation individuelle, le développement de stratégies de communication formelles et informelles (en particulier pour aborder les conflits plutôt que de les éviter), des réflexions approfondies sur la constitution d'équipes, le mentorat, la définition conjointe des objectifs, le thème central et le cadrage des problèmes, la prise en charge des questions d'échelle spatiale et temporelle, le respect des rythmes propres à chaque discipline.
- 47 Pour surmonter les barrières traditionnelles décrites ci-dessus, ces auteurs mettent l'accent sur plusieurs leviers qui apportent une dimension personnelle et humaine importante aux composantes épistémologiques et institutionnelles du problème : vision personnelle, engagement ou dévouement, travail au-delà des frontières, collaboration avec les autres... Comme me l'a dit L. Cianelli, qui a développé un merveilleux programme interdisciplinaire de troisième cycle à l'université d'État de l'Oregon à Corvallis (États-Unis) : « il est parfois plus facile de faire travailler ensemble des disciplines que des personnes ». Tout est question de volonté et de capacité à sortir de notre zone de confort. Enseigner aux étudiants comment travailler ensemble dans ce monde compétitif devient crucial et cela m'amène à la dernière section de ce chapitre, qui revient sur l'importance de l'interdisciplinarité en ces temps incertains.

Retour sur l'importance de la recherche inter- et transdisciplinaire

- 48 Surmonter les difficultés ou les barrières mentionnées ci-dessus dans le développement de l'interdisciplinarité, pour la formation comme pour la recherche, est exactement ce qui rend l'interdisciplinarité cruciale, comme résistance à la voie non durable que nous suivons, qui mène à la dégradation de l'environnement, à l'augmentation des inégalités et aux multiples formes de replis sur soi observés un peu partout, qui mettent en danger la démocratie dans de nombreux endroits du monde (RAGUENEAU, 2020).
- 49 Le temps est peut-être le premier élément qui nous vient à l'esprit. L'interdisciplinarité est une activité qui demande beaucoup de temps (STRANG, 2009), ce temps nécessaire pour faire un pas de côté et rencontrer l'Autre. L'Autre qui vient d'une autre discipline, voire de l'extérieur du monde universitaire si je considère l'acceptation critique de l'interdisciplinarité comme incluant la transdisciplinarité (FRODEMAN et MITCHAM, 2007). Plus l'Autre vient de loin, plus il faudra de temps pour le débat, la compréhension mutuelle, l'établissement de la confiance. Par ailleurs, pas d'interdisciplinarité sans épistémologie comparative, sans un travail approfondi sur les conditions de production des connaissances dans les différentes disciplines (WOLTON, 2013) et tout cela demande un temps supplémentaire. Malheureusement, nous sommes dans une famine temporelle désespérée en ces temps d'aliénation et d'accélération (ROSA, 2012) et la communauté scientifique ne fait pas exception, cherchant toujours plus de projets et plus d'argent, plus d'articles et de conférences, plus de brevets... Une science lente (« *slow science* », voir ALLEVA, 2006), tout comme le « *slow food* » ou les « *slow cities* », serait une réponse pour résister à la grande accélération qui, comme nous le verrons, est étroitement liée à notre système. Elle laisserait plus de place (et de temps !) à la collaboration plutôt qu'à la concurrence, à la qualité plutôt qu'à la quantité. Plus de temps pour l'interdisciplinarité.
- 50 La compétition est le moteur social de l'accélération. Aussi, la question du temps reflète-t-elle notre organisation moderne de la vie, notre vision du progrès (ROSA, 2012). Résister à l'accélération par la lenteur de la science, c'est passer de la compétition à la collaboration. L'interdisciplinarité est une excellente voie pour former les chercheurs, jeunes et moins jeunes, à développer toutes les facultés nécessaires pour entrer en collaboration avec cet « étrange » Autre : la flexibilité intellectuelle, la patience, la volonté de négociation, la communication, la confiance dans l'intelligence collective... C'est aussi probablement une excellente école d'humilité, dont on a désespérément besoin pour résister à l'*Homo Deus* (HARARI, 2017), car chacun de nous doit reconnaître ses propres lacunes, ses incompétences et le besoin crucial d'expertise complémentaire, certains sociologues des sciences appelant même à une « politique assumée de l'ignorance » (PESTRE, 2013). Ce n'est probablement pas le chemin le plus court pour dynamiser votre carrière scientifique, mais il représente une contribution importante pour revenir des données et des informations à la connaissance et à la sagesse (T. S. Eliott), dont le besoin est urgent dans la perspective de transformation vers davantage de soutenabilité (RAGUENEAU, 2020).
- 51 La route est longue, c'est aussi pourquoi elle est de première importance dans le mouvement de résistance contre les populismes qui montent partout sur la planète, surfant sur la vague du court terme et de la simplicité. Comme le dit E. OSTROM (2005,

citée dans LARA, 2005) : « les problèmes complexes nécessitent des solutions et des explications complexes ». Entrer dans des collaborations interdisciplinaires est donc un moyen puissant d'échapper au langage simpliste utilisé par les dirigeants populistes pour proposer des « solutions » qui, au final, conduisent le plus souvent au nationalisme, au totalitarisme et/ou à la guerre (ARENDR, 1982). L'interdisciplinarité, dans ce sens, devrait contribuer à la recherche d'un monde commun avec de fortes implications en termes de liberté (voir ARENDR, 1993). Il est important que cette recherche d'un monde commun comporte une forte dimension internationale, en particulier entre les cultures modernes et non modernes. Comme le démontre à nouveau WOLTON (2013), pas d'interdisciplinarité sans une approche comparative de l'évolution des domaines scientifiques dans différents contextes culturels. Et si nous prenons l'acception plus large de l'interdisciplinarité pour tenir compte des interactions science-société, il est essentiel de reconnaître que les cultures non modernes ont beaucoup à dire et probablement à enseigner à la science moderne qui tend à s'octroyer le monopole du savoir (ESCOBAR, 2018). Dans son livre *Sentir-penser avec la Terre*, A. ESCOBAR (2018) démontre tous les avantages des efforts conjoints vers la soutenabilité en Amérique latine, tant de la part des mouvements de la société civile que des chercheurs. Il soutient en outre que la science moderne devrait être passée au crible de l'ontologie politique, dans la filiation des études culturelles, de la géographie critique et de l'écologie politique, contribuant au mouvement de décolonisation de l'écologie déjà mentionné (FERDINAND, 2019).

- 52 Ce qui fait cruellement défaut dans cette recherche d'un monde commun, c'est un nouveau grand récit, quelque chose de « plus grand que nous », mais différent d'une religion, d'un empire ou du capitalisme ; différent des options anthropologiques entre transhumanisme ou effondrement de la civilisation (REY, 2018) ou du pseudo-choix politique entre nationalisme ou mondialisation débridée (FRASER, 2017). L'interdisciplinarité entre les deux grands domaines de la recherche scientifique (sciences naturelles et sciences humaines et sociales) comme les travaux à l'interface entre science et société peuvent participer à cette quête en nous aidant à échapper (RAGUENEAU, 2020) : (1) à la rationalisation et à la gouvernance par les nombres (SUPIOT, 2015), (2) à la domination de la quantité sur la qualité (voir la discussion précédente sur la fracture qualitatif/quantitatif, NIELSEN et D'HAEN, 2014 ; BERCHT, 2021), (3) à la vision à court terme et à la marchandisation des connaissances et des universités (CHOMSKY, 2010), et de façon plus générale, (4) à l'absence de vision politique globale, que masque difficilement la vision positiviste de la technoscience censée nous sauver (REY, 2018).
- 53 Il est évident que l'interdisciplinarité seule, tout comme les nobles idées de transdisciplinarité, de collaboration, de co-production de connaissances, de participation, bien qu'essentielles dans notre perspective de transformation vers la soutenabilité, ne seront pas suffisantes. Comme le dit D. PESTRE (2013), elles ne doivent pas cacher le côté obscur, constitué par les asymétries de pouvoir. Domination, influence, intérêts... il serait bien trop idéaliste de les oublier alors que nous nous engageons dans ces processus de collaboration, d'inter- et de transdisciplinarité visant à transformer nos territoires vers la soutenabilité (MAZÉ et RAGUENEAU, 2022). C'est exactement ce qui rend le débat sur la planification de l'espace maritime si important, qu'elle soit classique, avec une prédominance d'un instrument rationnel et scientifique visant à maximiser l'utilisation des eaux côtières dans une perspective de croissance bleue, ou plus radicale, avec une perspective plus humaine et sociale visant à

rééquilibrer le pouvoir entre les communautés locales et les différentes parties prenantes (FLANNERY *et al.*, 2016).

- 54 Le projet Paddle permet la tenue d'un tel débat (par exemple lors de l'atelier du WP 3 qui s'est tenu à Tamandare, au Brésil, en novembre 2019). Au-delà de nous amener à une véritable interdisciplinarité, il oblige chacun d'entre nous à réfléchir aux interactions science-société, à notre position dans ces jeux de pouvoir et à la vision politique de la PSM. Ceci est très important en ces temps incertains de l'anthropocène où notre responsabilité en tant que scientifiques est engagée (PAASCHE et ÖSTERBLUM, 2019 ; RAGUENEAU *et al.*, 2020), dans un contexte d'écologie décoloniale (FERDINAND, 2019) et de recherche d'une soutenabilité accrue pour tous, humains et non humains.

BIBLIOGRAPHIE

ALLEVA L., 2006

Taking time to savour the rewards of slow science. *Nature*, 443 : 271.

ALLMENDINGER J., STAMM J., WYATT S., 2013

Laying the ground for true interdisciplinarity. Engaging the social sciences and humanities across horizon 2020. *Forschung: Politik - Strategie - Management*, 6 (3/4) : 92-94.

ARENDT H., 1982 [1951]

Les origines du totalitarisme. Eichmann à Jérusalem. Paris, Gallimard, 704 p.

ARENDT H., 1993 [1953-1959]

Qu'est-ce que la politique ? Paris, Éditions du Seuil, Points essais, n° 445, 307 p.

BAER P., ATHANASIOU T., KARTHA S., KEMP-BENEDICT E., 2008

The greenhouse development rights framework. The right to development in a climate constrained world. Berlin, Heinrich Böll Stiftung, Publication series on ecology, 112 p.

BARRETEAU O., BOTS P. W. G., DANIELL, K. A., 2010

A framework for clarifying « participation » in participatory research to prevent its rejection for wrong reasons. *Ecology and Society*, 15 (2) : 22.

BAUM H., 2011

Planning and the problem of evil. *Planning Theory*, 10 : 103-123.

BENESSIA A., FUNTOWICZ S., BRADSHAW G., FERRI F., RÁEZ-LUNA E., MEDINA C. P., 2012

Hybridizing sustainability: towards a new praxys for the present human predicament. *Sustainability Science*, 7 (Supplement 1) : 75-89.

BENHAM C. F., DANIELL K. A., 2016

Putting transdisciplinarity research into practice: a participatory approach to understanding change in coastal social-ecological systems. *Ocean and Coastal Management*, 128 : 29-39.

BERCHT A.L. 2021

How qualitative approaches matter in climate and ocean change research: uncovering

contradictions about climate concern. *Global Environmental Change*, 70. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2021.102326>

BIRD ROSE D., 2019

Vers des humanités écologiques. Marseille, Wild Project, 78 p.

BJURSTRÖM A., POLK M., 2011

Climate change and interdisciplinarity: a co-citation analysis of IPCC third assessment report. *Scientometrics*, 87 : 525-550.

BLANCHARD A., VANDERLINDEN J.-P., 2010

Dissipating the fuzziness around interdisciplinarity: the case of climate change research, *Surveys and Perspectives Integrating Environment and Society (S.A.P.I.E.N.S)*, 3 : 1. <https://sapiens.revues.org/990>

BRADSHAW G. A., BEKOFF M., 2001

Ecology and social responsibility: the re-embodiment of science. *Trends in Ecology & Evolution*, 16 (8) : 460-465.

BREMER S., GLAVOVIC B., 2013

Mobilizing knowledge for coastal governance: re-framing the science-policy interface for integrated coastal management. *Coastal Management*, 41 : 39-56.

BRETAGNOLLE V., BENOIT M., BONNEFOND M., BRETON V., CHURCH J. M., GABA S., GILBERT D., GILLET F., GLATRON S., GUERBOIS C., LAMOUREUX N., LÉBOUVIER M., MAZÉ C., MOUCHEL J.-M., OUIN A., PAYS O., PISCART C., RAGUENEAU O., SERVAIN S., SPIEGELBERGER T., FRITZ H., 2019

Action-orientated research and framework: insights from the French long-term social-ecological research network. *Ecology and Society*, 24 (3) : 10.

CHAKRAVARTY S., CHIKKATUR A., DE CONINCK H., PACALA P., SOCOLOW R., TAVONI M., 2009

Sharing global CO₂ emission reductions among one billion high emitters. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106 (29) : 11884-11888.

CHANGEUX J.-P., 2012

L'homme neuronal. Paris, Fayard/Pluriel, 384 p.

CHLOUS F., 2014

L'invasion biologique de la crépidule : une question sociale ? L'ethnologue dans la tourmente. *Ethnographiques.org*, 27.

CHOMSKY N., 2010

Réflexions sur l'université. Paris, Éditions Raisons d'Agir. 169 p.

CHUBIN D. E., 1976

The conceptualization of scientific specialties. *The Sociological Quarterly*, 17 : 448-476.

CLARKE T., 2002

Wanted: scientists for sustainability. *Nature*, 418 : 812-814.

COLLINS S. L., CARPENTER S. R., SWINTON S. M., ET AL., 2010

An integrated conceptual framework for long-term social-ecological research. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 9 (6) : 351-357.

CRUTZEN P. J., 2002

Geology of mankind. *Nature*, 415 : 23.

DESCOLA P., 2005

Par-delà nature et culture. Paris, Gallimard, Folio essais, n° 607, 786 p.

ESCOBAR A., 2018

Sentir-penser avec la Terre. Une écologie au-delà de l'Occident. Paris, Éditions du Seuil, collection Anthropocène, 225 p.

EWEL K. C., 2001

Natural resource management: the need for interdisciplinary collaboration. *Ecosystems*, 4 : 716-722.

FERDINAND M., 2019

Une écologie décoloniale. Paris, Éditions du Seuil, collection Anthropocène, 464 p.

FEYERABRAND P., 1993

Against method. Londres, Verso, 336 p.

FISCHER A. R. H., TOBI H., RONTELTAP A., 2011

When natural met social: a review of collaboration between the natural and social sciences. *Interdisciplinary Science Review*, 36 (4) : 341-358.

FLANNERY W., ELLIS G. NURSEY-BRAY M., VAN TATENHOVE J. P. M., KELLY C., COFFEN-SMOUT S., FAIRGRIEVE R., KNOL M., JENTOFT S., BACON D., O'HAGAN A. M., 2016

Exploring the winners and losers of marine environmental governance / Marine spatial planning: *Cuibono?* / "More than fishy business": epistemology, integration and conflict in marine spatial planning / Marine spatial planning: power and scaping / Surely not all planning is evil? / Marine spatial planning: a Canadian perspective / Maritime spatial planning—"ad utilitatem omnium" / Marine spatial planning: "it is better to be on the train than being hit by it" / Reflections from the perspective of recreational anglers and boats for hire / Maritime spatial planning and marine renewable energy. *Planning Theory & Practice*, 17 (1) : 121-151.

FOUCAULT M., 1980

« Truth and power », In Gordon C. (ed.) : *Power/Knowledge. selected interviews and other writings 1972-1977.* New York, Pantheon Books : 109-134

FRASER N., 2017

« Néolibéralisme progressif contre populisme réactionnaire : un choix qui n'en est pas un ». In Geiselberger H. (dir.) : *L'âge de la régression*, Paris, Éditions du Premier parallèle : 55-69.

FRODEMAN R., MITCHAM C., 2007

New directions in interdisciplinarity: broad, deep and critical. *Bulletin of Science, Technology & Society*, 27 : 506-514.

FRODEMAN R., THOMPSON KLEIN J., PACHECO R. C. S., 2017

The Oxford handbook of interdisciplinarity. Oxford University Press, 622 p.

FUNTOWICZ S. O., RAVETZ J. R., 1993

Science for the post-normal age. *Futures*, 25 (7) : 739-755.

GIERYN T. F., 1983

Boundary-work and the demarcation of science from non-science: strains and interests in professional ideologies of scientists. *American Sociological Review*, 48 : 781-795.

GIFFORD R., 1987

Environmental psychology: principles and practice. Boston, Allyn & Bacon.

GISSI E., DE VIVERO J. L. S., 2016

Exploring marine spatial planning education: challenges in structuring transdisciplinarity. *Marine Policy*, 74 : 43-57.

HARARI Y.-N., 2017

Homo Deus. Paris, Albin Michel, 459 p.

HARAWAY D., 1992

Primate visions: gender, race, and nature in the world of modern science. New York, Routledge, 496 p.

HARLEY J. B., 2008

« Maps, knowledge, and power ». In Henderson G., Waterstone M. (eds) : *Geographic thought. A praxis perspective*. New York, Routledge : 129-148.

HART D. D., BELL K. P., LINDENFELD L. A., JAIN S., JOHNSON T. R., RANCO D., MCGILL B., 2015

Strengthening the role of universities in addressing sustainability challenges: the Mitchell center for sustainability solutions as an institutional experiment. *Ecology and Society*, 20 : 4.

HEIDEGGER M., 1977

« Being and time: introduction ». In Krell D. F. (ed.) : *Basic writings*, New York, Harper & Row : 37-90

HOLLING C. S., 2001

Understanding the complexity of economic, ecological, and social systems. *Ecosystems*, 4 : 390-405.

IPCC, 2013

Climate change 2013: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Stocker T. F., Qin D., Plattner G.-K., Tignor M., Allen S. K., Boschung J., Nauels A., Xia Y., Bex V., Midgley P. M. (eds), Cambridge/New York, Cambridge University Press, 1535 p.

JARRIGE F., 2016

Technocritiques. Du refus des machines à la contestation des technosciences. Paris, La Découverte, 434 p.

JASANOFF S. S., 1987

Contested boundaries in policy-relevant science. *Social Studies of Science*, 17 : 195-230.

JASANOFF S. S., 2010

A new climate for society. *Theory, Culture & Society*, 27 (2-3) : 233-53.

KAHNEMAN D., 2012

Système 1, système 2. Les deux vitesses de la pensée. Paris, Flammarion, 551 p.

KATES R. W., 2011

What kind of a science is sustainability science? *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108 (49/99) : 19449-1945.

KATES R. W., CLARCK W. C., CORELL R., 2001

Environment and development, sustainability science. *Science, Policy Forum*, 292 (5517) : 641-642.

KELLY J. S., 1996

Wide and narrow interdisciplinarity. *The Journal of General Education*, 45 (2) : 95-113.

KLEIN J. T., 1996

Crossing boundaries: knowledge, disciplinarity, and interdisciplinarity. Charlottesville, University Press of Virginia, 281 p.

KLEIN J. T., 2004

Interdisciplinarity and complexity: an evolving relationship. *Emergence: Complexity and Organization*, 6 (1/2) : 2-10.

KLEPP S., CHAVEZ-RODRIGUEZ L., 2018

A critical approach to climate change adaptation discourses, policies, and practices. London/New York, Routledge, 324 p.

KOFINAS G. P., 2009

« Adaptive co-management in social-ecological governance », In Chapin F. S. III, Kofinas G. P., Folke C. (eds) : *Principles of ecosystem stewardship, resilience-based natural resource management in a changing world*, 2009. Berlin, Springer : 77-101.

LANG D. J., WIEK A., BERGMANN M., STAUFFACHER M., MARTENS P., MOLL P., SWILLING M., THOMAS C. J., 2012

Transdisciplinary research in sustainability science: practice, principles and challenges. *Sustainability Science*, 7 (supplement 1) : 25-43.

LARA A., 2015

Rationality and complexity in the work of Elinor Ostrom. *International Journal of the Commons*, 9 (2) : 573-594.

LÉA V., 2020

Ars. Entropie de la recherche à l'action. Mémoire d'habilitation à diriger des recherches, vol II, Nice, université Côte d'Azur, 362 p.

LE TIXERANT M., BONNIN M., GOURMELON F., RAGUENEAU O., ROUAN M., LY I., OULD ZEIN A., NDIAYE F.,

DIEDHIOU M., NDAO S., BASSIROU NDIAYE M., 2020

Atlas cartographiques du droit de l'environnement marin en Afrique de l'Ouest. Méthodologie et usage pour la planification spatiale. *Cybergeogeo, Cartographie, Imagerie, SIG*, 958. <http://journals.openedition.org/cybergeogeo/35598>

LIU J., DIETZ T., CARPENTER S. R., ALBERTI M., FOLKE C., MORAN E., PELL A. N., DEADMAN P., KRATZ T.,

LUBCHENCO J., OSTROM E., OUYANG Z., PROVENCHER W., REDMAN C. L., SCHNEIDER S. H., TAYLOR W. W., 2007

Complexity of coupled human and natural systems. *Science*, 317 (5844) : 1513-1516.

LÖWY I., 1992

The strength of loose concepts. Boundary concepts, federative experimental strategies and disciplinary growth: the case of immunology. *History of Science*, 30 (4) : 371-396.

MACMYNOWSKI D.P., 2007

Pausing at the brink of interdisciplinarity: power and knowledge at the meeting of social and biophysical science. *Ecology and Society*, 12 (1) : 20.

MATTOR K., BETSILL M., HUAYHUACA C., HUBER-STEARNES H., JEDD T., STERNLIEB F., BIXLER P., LUIZZA M.,

CHENG A. S., 2014

Transdisciplinary research on environmental governance: a view from the inside. *Environmental Science and Policy*, 42 : 90-100.

MAZÉ C., DAHOU T., RAGUENEAU O., DANTO A., MARIAT-ROY E., RAIMONET M., WEISBEIN J., 2017

Knowledge and power in integrated coastal management: for a political anthropology of the sea combined with the marine environment sciences. *Comptes Rendus Geosciences*, 349 (6-7) : 359-368.

MAZÉ C., RAGUENEAU O., 2022

La solidarité écologique de la science à l'(in)action publique. La transformation vers la durabilité au prisme du concept d'asymétrie de pouvoir. *Vertigo*, sous presse.

MERCHANT C., 1992

Radical ecology: the search for a livable world. New York, Routledge, 302 p.,

MOONEY H.A., DURAIAPPAH A., LARIGAUDERIE A., 2013

Evolution of natural and social science interactions in global change research programs. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110 (1) : 3665-3672.

MORIN E., 2005

Introduction à la pensée complexe. Paris, éditions du Seuil, collection Points essais, n° 534, 158 p.

MORSE W. C., NIELSEN-PINCUS M., FORCE J., WULFHORST, J., 2007

Bridges and barriers to developing and conducting interdisciplinary graduate-student team research. *Ecology and Society*, 12 (2) : 8.

NIELSEN J. Ø., D'HAEN S. A. L., 2014

Asking about climate change: reflections on methodology in qualitative climate change research published in global environmental change since 2000. *Global Environmental Change*, 24 : 402-409.

OSTROM E., 2005

Understanding institutional diversity. Princeton, Princeton University Press, 376 p.

OSTROM E., 2009

A general framework for analysing sustainability of social-ecological systems. *Science*, 325 : 419-422.

PAASCHE Ö., ÖSTERBLOM H., 2019

Unsustainable science. *One Earth*, 1 (1) : 39-42.

PESTRE D., 2013

À contre-science. Paris, Éditions du Seuil, collection La couleur des idées, 251 p.

PINARBAŞI K., GALPARSORO I., BORJA Á., STELZENMÜLLER V., EHLER C. N., GIMPEL A., 2017

Decision support tools in marine spatial planning: present applications, gaps and future perspectives. *Marine Policy*, 83 : 83-91.

POHL C., 2011

What is progress in transdisciplinary research? *Futures*, 43 : 618-626.

RAGUENEAU O., TRÉGUER P., LEYNAERT A. P., ANDERSON R. F., BRZEZINSKI M. A., DEMASTER D. J., DUGDALE R. C., DYMOND J., FISCHER G., FRANÇOIS R., HEINZE C., MAIER-REIMER E., MARTIN-JÉZÉQUEL V., NELSON D. M., QUÉGUINER B., 2000

A review of the Si cycle in the modern ocean: recent progress and missing gaps in the application of biogenic opal as a paleoproductivity proxy. *Global and Planetary Change*, 26 (4) : 317-365.

RAGUENEAU O., CONLEY D. J., DEMASTER D. J., DÜRR H. H., DITTERT N., 2010

« Biogeochemical transformations of Silicon along the land-ocean continuum and implications for the global Carbon cycle Si transformations along the land-ocean continuum: implications for the global C cycle ». In Liu K.-K., Atkinson L., Quinones R., Talaue-MacManus L. (eds) : *Carbon and nutrient fluxes in continental margins. Global change*. The IGBP Series, Berlin/Heidelberg, Springer : 515-527.

RAGUENEAU O., RAIMONET M., MAZÉ C., COSTON-GUARINI J., CHAUVAUD L., DANTO A., GRALL J., JEAN F., PAULET Y.-M., THOUZEAU G., 2018

The impossible sustainability of the Bay of Brest? Fifty years of ecosystem evolution, interdisciplinary knowledge construction and key questions at the science-policy-community interface. *Frontiers in Marine Science*, 5 : 124.

RAGUENEAU O., 2020

Changement clim-éthique. Agir global, penser local et autres retournements jubilatoires. Paris, Librinova, 859 p.

RAGUENEAU O., CAPET X., GUILLET V., BEN ARI T., BERNÉ O., AUMONT O., GUIMBRETIERE G., LHOSTE E., ANGLARET X., NOÛS C., 2020

Sur la responsabilité de l'ESR en ces temps incertains. Collectif Labos 1point5, 6 p. https://labos1point5.org/static/Labos1point5_ResponsabiliteESR.pdf

RECKERS J. V., HANSEN T., 2015

Interdisciplinary research and geography: overcoming barriers through proximity. *Science and Public Policy*, 4 : 242-254.

REY O., 2018

Leurre et malheur du transhumanisme. Perpignan, Éditions Desclée de Brouwer, 192 p.

RITCHARDS L., GOURMELON F., CHLOUS F., 2018

Différencier les représentations spatiales selon leurs statuts. Expérimentation en gestion intégrée des zones côtières. *Revue internationale de Géomatique*, 28 : 39-67.

ROSA E. A., MACHLIS G. E., 2002

It's a bad thing to make one thing into two: disciplinary distinctions as trained incapacities. *Society and Natural Resources*, 15 : 251-261.

ROSA H., 2012/2014

Aliénation et accélération. Vers une théorie critique de la modernité tardive. Paris, Éditions La Découverte, collection Théorie critique, n° 406, 149 p.

SARDAR Z., 2010

Welcome to postnormal times. *Futures*, 42 (5) : 435-444.

SILLITOE P., 2004

Interdisciplinary experiences: working with indigenous knowledge in development. *Interdisciplinary Science Reviews*, 29 (1) : 6-23.

SNOW C. P., 1959

The two cultures and the scientific revolution. Cambridge, Cambridge University Press, 66 p.

Star S., GRIESEMER J., 1989

Institutional ecology, 'translations' and boundary objects: amateurs and professionals in Berkeley's Museum of vertebrate zoology, 1907-39. *Social Studies of Science*, 19 (3) : 387-420.

STAR S. L., 2010

This is not a boundary object: reflections on the origin of a concept. *Science, Technology & Human Values*, 35 (5) : 601-617.

STENGERS I., 1997

Sciences et pouvoirs. La démocratie face à la technoscience. Paris, La Découverte, 119 p.

STOKNES P. E., 2014

Rethinking climate communications and the "psychological climate 1177 paradox". *Energy Research & Social Science*, 1 : 161-170.

STRANG V., 2009

Integrating the social and natural sciences in environmental research. A discussion paper. *Environment, Development and Sustainability*, 11 : 1-18.

SUPIOT A., 2015

La gouvernance par les nombres. Cours au collège de France (2012-2014). Paris, Éditions Fayard, collection Poids et mesures du monde, 515 p.

TADDEI F., 2018

Apprendre au XXI^e siècle. Paris, Calmann Lévy, 389 p.

UN, 2017

Our ocean, our future: call for action. Resolution adopted by the General Assembly of the United Nations on 6 July 2017. Volume A/RES/71/312. <https://oceanconference.un.org/callforaction>

UN, 2019

The science we need for the ocean we want. The United Nations Decade of Ocean Science for Sustainable Development (2021-2030). Paris, Unesco.

VICTOR D. G., 2015

Climate change: embed the social sciences in climate policy. *Nature*, 520 : 27-29.

VISBECK M., 2018

Ocean science research is key for a sustainable future. *Nature Communications*, 9 : 690.

VISEU A., 2015

Integration of social science in research is crucial. *Nature*, 525 (7569) : 291.

WEAR D. N., 1999

Challenges to interdisciplinary discourse. *Ecosystems*, 2 : 299-301.

WEBER M., 1919/2002

Le savant et le politique. Paris, Éditions 10/18, n° 134, 222 p.

WOLTON D., 2013

Pour un manifeste de l'indiscipline. *Hermès, la revue*, 67 : 210-222.

ZANOTTI L., PALOMINO-SCHALSCHA M., 2016

Taking different ways of knowing seriously: cross-cultural work as translations and multiplicity. *Sustainability Science*, 11 : 139-152.

NOTES

1. La République du Cap-Vert a changé son nom officiel dans toutes les langues en République du Cabo Verde le 24 octobre 2013 dans une demande soumise au Secrétaire général par le représentant permanent du pays auprès des Nations unies. Conformément à cette demande, il ne sera fait mention dans cette publication qu'au Cabo Verde. Afin de respecter les titres des œuvres préalablement parues, les références ou sources imprimées mentionnant dans leur titre « Cap-Vert » (en français) ou « Cape Verde » (en anglais) n'ont pas été modifiées.

AUTEUR

OLIVIER RAGUENEAU

Écologue marin, sciences de la soutenabilité, Lemar, CNRS, France.

Glossaire

- 1 Le projet Paddle crée des opportunités pour les chercheurs de multiples disciplines scientifiques (droit, sciences politiques, administration publique, sociologie, géographie, économie, écologie marine, biologie et physique) et pays (pays européens, Cabo Verde, Sénégal et Brésil), dans le but de bénéficier d'expériences interdisciplinaires et interculturelles enrichissantes. Les besoins de communication au sein du consortium ont rendu nécessaire le développement d'un langage commun. L'idée est de construire une représentation partagée, et de faciliter à la fois la formation et l'innovation.
- 2 Ce glossaire est un premier pas vers une compréhension commune des concepts clés dans le domaine de la planification spatiale marine.

Pourquoi un glossaire ?

- 3 La première étape vers une collaboration scientifique interdisciplinaire est la compréhension mutuelle et le fait de parler des mêmes connaissances scientifiques. Nous avons observé à plusieurs reprises que les définitions des mots-clés varient d'une discipline à l'autre, ce qui entraîne des confusions ou, pire encore, des erreurs d'interprétation (tabl. 1).
- 4 La rédaction de ce glossaire a en soi posé les bases d'un travail interdisciplinaire, avec des personnes dont l'anglais n'est pas la langue maternelle

Tableau 1. Concepts géographiques, environnementaux et juridiques

Concepts	
Géographiques et environnementaux	Juridictionnels

Aire	Zone contiguë
Aire côtière	Plateau continental
Zone côtière	Zone de protection écologique
Système de zone côtière	Zone économique exclusive
Évaluation des impacts environnementaux	Zone de pêche
Gestion intégrée des zones côtières	Hautes mers
Interface	Baies historiques
Durabilité	Eaux intérieures
Développement durable	Lignes de base
	Mer territoriale

SOURCE : SUAREZ DE VIVERO (2015)

Méthodologie

- 5 Lors de la réunion de lancement du projet, nous avons demandé une liste de termes considérés comme essentiels pour les disciplines représentées dans chaque groupe de travail. Les membres du groupe de travail ont ensuite été invités à fournir des définitions. La compilation des définitions a mis en lumière un spectre de similitudes et de différences. Dans la mesure du possible, nous avons privilégié les définitions partagées au sein du consortium. S'il n'a pas été possible de trouver un consensus, la discipline liée à la définition proposée est précisée.

Structure du glossaire

- 6 Plusieurs options de présentation ont été étudiées : par type (base théorique, principes et instruments), par thème ou par discipline. *In fine*, la présentation choisie permet de souligner l'importance de la définition des mots-clés dans l'étude des processus de PSM. La limitation du nombre de thèmes par rapport à d'autres glossaires réalisés dans le cadre de projets de recherche permet un classement alphabétique.

Aires marines protégées

- 7 (1) « Les aires marines protégées (AMP) impliquent une gestion protectrice des zones naturelles afin de les maintenir dans leur état naturel. Les AMP peuvent être conservées pour un certain nombre de raisons, notamment les ressources économiques, la conservation de la biodiversité et la protection des espèces. Elles sont créées en délimitant des zones avec des utilisations autorisées et non autorisées à l'intérieur de cette zone »
- 8 (2) « Toute zone de terrain intertidale ou subtidale, ainsi que les eaux qui la recouvrent et la flore, la faune, les caractéristiques historiques et culturelles associées, qui a été réservée par la loi ou par d'autres moyens efficaces pour protéger une partie ou la totalité de l'environnement clos ».

Source : Union internationale pour la conservation de la nature (UICN)

Biodiversité

- 9 Dérivée du grec *bios* « vie » et du latin *diversitās* « diversité, différence » ; elle correspond au degré de variation du monde vivant, y compris la diversité taxonomique et fonctionnelle des espèces, la diversité génétique au sein des espèces, ainsi que la diversité des habitats, des écosystèmes et des paysages terrestres et marins.

Connectivité

- 10 Deux approches sont classiquement utilisées pour modéliser la connectivité : (1) l'approche lagrangienne décrit le mouvement en suivant un élément individuel (particule, organisme) qui se déplace dans l'espace et le temps ; (2) l'approche eulérienne décrit le mouvement en se concentrant sur des emplacements spécifiques dans l'espace par lesquels les éléments passent au fil du temps.

Domaine pélagique/démersal/benthique

- 11 Le terme « pélagique » vient du grec *pélagos*, « mer ouverte ». Il s'agit de la colonne d'eau de la haute mer. Les organismes qui vivent dans la zone pélagique sont appelés organismes pélagiques.
- 12 Benthique est dérivé du grec *bénthos*, « les profondeurs ». La zone benthique est la région écologique située tout au fond de la mer. Elle comprend la surface des sédiments et certaines couches de subsurface. Les organismes marins qui vivent dans cette zone sont appelés benthos.
- 13 Démersal est dérivé du latin *demersus*, « la descente ». La zone démersale est la partie de la mer constituée de la partie de la colonne d'eau proche des fonds marins et du benthos, qui en subit les effets importants.

Écosystème

- 14 Dérivé du grec *oikos*, « maison », et *systema*, ou « système », un écosystème est l'assemblage d'organismes en interaction (bactéries, archées, protistes, champignons, plantes, animaux – la biocénose) dans leur environnement abiotique (biotope ou habitat).

Extension du plateau continental

- 15 « Aux fins de la présente Convention, l'État côtier établit le rebord externe de la marge continentale chaque fois que celle-ci s'étend au-delà de 200 milles marins des lignes de base à partir desquelles est mesurée la largeur de la mer territoriale : (1) soit par une ligne tracée conformément au paragraphe 7 par référence aux points fixes les plus éloignés en chacun desquels l'épaisseur des roches sédimentaires représente au moins 1 % de la distance la plus courte entre ce point et le pied du talus continental ; (2) soit par une ligne tracée conformément au paragraphe 7 par référence à des points fixes situés à 60 milles marins au plus du pied du talus continental. (b) En l'absence de

preuve du contraire, le pied du talus continental est déterminé comme le point de changement maximal de la pente à sa base. »

Source : Convention des Nations unies sur le droit de la mer (Unclos), article 76

Gestion intégrée des zones côtières

- 16 « La gestion intégrée des zones côtières (GIZC) est un processus dynamique, multidisciplinaire et itératif visant à promouvoir la gestion durable des zones côtières. Elle couvre le cycle complet de la collecte d'informations, de la planification (dans son sens le plus large), de la prise de décision, de la gestion et du suivi de la mise en œuvre. La GIZC fait appel à la participation et à la coopération informées de toutes les parties prenantes pour évaluer les objectifs sociétaux dans une zone côtière donnée et pour prendre des mesures visant à atteindre ces objectifs. La GIZC cherche, à long terme, à équilibrer les objectifs environnementaux, économiques, sociaux, culturels et récréatifs, le tout dans les limites fixées par la dynamique naturelle. Le terme "intégré" dans la GIZC fait référence à l'intégration des objectifs et à l'intégration des nombreux instruments nécessaires pour atteindre ces objectifs. Cela signifie l'intégration de tous les domaines politiques, secteurs et niveaux d'administration pertinents. Il signifie l'intégration des composantes terrestres et marines du territoire cible, dans le temps et dans l'espace. »

Source : UE, COM (2000) 547

Gouvernance des océans

- 17 La gouvernance des océans « consiste à gérer et à utiliser les océans du monde et leurs ressources de manière à préserver la santé, la productivité, la sécurité et la résilience de nos océans. »

Source : UE, https://ec.europa.eu/maritimeaffairs/policy/ocean-governance_en

Gouvernance marine

- 18 La gouvernance marine « est la manière dont la société a institué des objectifs, des priorités et des systèmes de coopération concernant l'espace maritime. La gouvernance peut être réalisée à un niveau international, régional, national et local. C'est la conduite de la politique, des actions et des affaires concernant les océans du monde. Au sein de la gouvernance, elle intègre l'influence des acteurs non étatiques (c'est-à-dire les parties prenantes, les ONG), l'État n'est donc pas la seule puissance agissante dans l'élaboration des politiques. »

Source : Nations unies

Habitat

- 19 Dérivé du latin *habitāre* « habiter », un habitat est l'environnement naturel dans lequel vit un organisme, ou l'espace physique dans l'environnement qui est approprié pour fournir un espace à un ensemble d'organismes pour vivre.

Ligne de base

- 20 La « ligne de base normale à partir de laquelle est mesurée la largeur de la mer territoriale est la laisse de basse mer le long de la côte, telle qu'elle est indiquée sur les cartes marines à grande échelle reconnues officiellement par l'État côtier. »

Source : Unclos, article 5 de la partie II, 1982

Mer territoriale

- 21 « La souveraineté d'un État côtier s'étend, au-delà de son territoire terrestre et de ses eaux intérieures et, dans le cas d'un État archipel, de ses eaux archipélagiques, à une ceinture de mer adjacente, qualifiée de mer territoriale. Cette souveraineté s'étend à l'espace aérien au-dessus de la mer territoriale ainsi qu'à son lit et à son sous-sol. Tout État a le droit de fixer la largeur de sa mer territoriale jusqu'à une limite ne dépassant pas 12 milles marins, mesurée à partir des lignes de base déterminées conformément à la présente Convention. »

Source : Unclos, articles 2 et 3 de la partie II, 1982

Oligotrophe

- 22 Un écosystème aquatique oligotrophe est caractérisé par une faible productivité primaire, en raison de la faible teneur en nutriments. Ces écosystèmes ont souvent des eaux très claires. La teneur en oxygène est élevée.

Plan de gestion

- 23 (1) « Un document écrit, diffusé et approuvé qui décrit le site ou la zone, ainsi que les problèmes et les possibilités de gestion de la conservation de la nature, de la forme du terrain ou des caractéristiques du paysage, permettant d'atteindre les objectifs fondés sur cette information par des travaux pertinents au cours d'une période donnée » (EUROSITE, 1999).
- 24 (2) « Le guide par lequel Parcs Canada gère les ressources et les utilisations d'un parc national. Il contient les objectifs de gestion ainsi que les moyens et les stratégies pour les atteindre. Le plan n'est pas une fin en soi ; il constitue plutôt un cadre dans lequel s'inscriront la gestion, la mise en œuvre et la planification ultérieures » (PARCS CANADA, 1978).
- 25 (3) « Un document qui guide et contrôle la gestion d'une aire protégée. Il détaille les ressources, les utilisations, les installations et le personnel nécessaires à la gestion future de l'aire. C'est un document de travail qui présente un programme pour les 5 à 10 années à venir » (NDOSI, 1992).
- 26 (4) « Un document qui guide et contrôle la gestion des ressources d'une aire protégée, les utilisations de l'aire et le développement des installations nécessaires pour soutenir cette gestion et ces utilisations. Ainsi, un plan de gestion est un document de travail qui guide et facilite toutes les activités de développement et toutes les activités de gestion à mettre en œuvre dans une zone » (THORSELL, 1995).

- 27 (5) « Un document qui expose la philosophie de base et de développement du parc et fournit des stratégies pour résoudre les problèmes et atteindre les objectifs de gestion identifiés sur une période de dix ans. Sur la base de ces stratégies, les programmes, les actions et les installations de soutien nécessaires à l'exploitation efficace du parc, à l'utilisation par les visiteurs et aux bénéfices humains sont identifiés. Tout au long de l'effort de planification, le parc est considéré dans un contexte régional qui l'influence et est influencé par lui » (YOUNG et YOUNG, 1993).

Source : <https://portals.iucn.org/library/efiles/documents/pag-010.pdf>

Plan de zonage

- 28 « Ils sont produits lorsque différents secteurs ou “zones” d'une aire protégée doivent être gérés de différentes manières. Ils identifient les limites des zones et contiennent des détails sur la façon dont chacune des zones doit être gérée. Les plans de zonage fournissent une définition supplémentaire et aident à mettre en œuvre le plan de gestion, et en font parfois partie ».

Source : UICN

Planification spatiale marine

- 29 « Processus par lequel les autorités de l'État concerné analysent et organisent les activités humaines dans les zones marines pour atteindre des objectifs écologiques, économiques et sociaux. »

Source : Directive MSP UE 2014

Plateau continental

- 30 « Le plateau continental d'un État côtier comprend les fonds marins et le sous-sol des zones sous-marines qui s'étendent au-delà de sa mer territoriale dans le prolongement naturel de son territoire terrestre jusqu'au bord extérieur de la marge continentale, ou jusqu'à une distance de 200 milles marins des lignes de base à partir desquelles est mesurée la largeur de la mer territoriale lorsque le bord extérieur de la marge continentale ne s'étend pas jusqu'à cette distance ».

Source : Unclos, article 76 de la partie VI, 1982

Processus de l'écosystème

- 31 Activités ou réactions physiques, chimiques ou biologiques qui relient les organismes et leur environnement, telles que la production ou la décomposition.

Réseau trophique

- 32 Assemblage d'organismes de différents niveaux trophiques qui partagent le même habitat (ne serait-ce que temporellement) et sont liés les uns aux autres par des relations trophiques, c'est-à-dire que les uns mangent les autres. Les niveaux trophiques classiques d'un réseau alimentaire sont les producteurs (primaires) (normalement les plantes photosynthétiques), les consommateurs primaires

(producteurs secondaires) (herbivores), les consommateurs secondaires (carnivores ou prédateurs), etc. Seuls quelques réseaux alimentaires comprennent plus de quatre niveaux trophiques (prédateurs supérieurs au niveau le plus élevé), mais étant donné que la consommation d'une source de nourriture peut s'effectuer sur plus d'un niveau trophique et que de nombreux organismes sont omnivores (c'est-à-dire qu'ils se nourrissent de plusieurs niveaux trophiques, par exemple à la fois de plantes et d'animaux), il est parfois impossible d'attribuer clairement une espèce à un niveau trophique, et les réseaux alimentaires sont donc constitués d'interactions trophiques complexes.

Résilience

- 33 Dérivé du latin *resilire* « revenir en arrière », c'est la capacité d'un écosystème à répondre à une perturbation ou à un dérangement en résistant aux dommages et en se rétablissant rapidement/en retrouvant son état initial.

Upwelling

- 34 La remontée d'eau est un processus océanographique poussé par le vent dans lequel de l'eau profonde, froide et généralement riche en nutriments remonte vers la surface. L'eau remontée, riche en nutriments, stimule la croissance et la reproduction des producteurs primaires tels que le phytoplancton.

Zone côtière

- 35 « La zone côtière est définie comme une bande de terre et de mer de largeur variable selon la nature du milieu et les besoins de gestion. Elle correspond rarement à des unités administratives ou de planification existantes. Les systèmes côtiers naturels et les zones dans lesquelles les activités humaines impliquent l'utilisation des ressources côtières peuvent donc s'étendre bien au-delà de la limite des eaux territoriales, et sur plusieurs kilomètres à l'intérieur des terres ».

Source : UE, <http://ec.europa.eu/environment/iczm/situation.htm>

Zone économique exclusive

- 36 « La zone économique exclusive est une zone située au-delà de la mer territoriale et adjacente à celle-ci, soumise au régime juridique spécifique établi dans la présente partie, dans laquelle les droits et la juridiction de l'État côtier et les droits et libertés des autres États sont régis par les dispositions pertinentes de la présente Convention. La zone économique exclusive ne s'étend pas au-delà de 200 milles marins des lignes de base à partir desquelles est mesurée la largeur de la mer territoriale. »

Source : Unclos, articles 55 et 57 de la partie V, 1982

BIBLIOGRAPHIE

EUROSITE, 1999

Toolkit Eurosité des plans de gestion. 68 p.

NDOSI O. M., 1992

« Preparing management plans for protected areas », In Lusigi W. J. : *Management protected area in Africa. Report from a workshop on protected area management in Africa.* Mweka, Tanzania. Paris, Unesco World Heritage Fund : 117-124.

SUAREZ DE VIVERO J. L., 2015

Glossary of Concepts and terms relating to stakeholders and end-users in participatory processes.
WP1 Policy Interface, Spicosa Project, université de Séville, 28 p.

THORSELL J., 1995

A practical approach to the preparation of management plans for natural heritage sites. Background paper prepared for Arab region training course, Egypt. (non publié)

YOUNG C., YOUNG B., 1993

Park planning: a training manual (Instructors guide). College of African Wildlife Management Mweka, Tanzania.

Liste des auteurs

Ibrahima BA SIDIKE, physicien, laboratoire de physique de l'atmosphère et de l'océanographie-Siméon Fongang, université Cheikh Anta Diop (Ucad), Sénégal.

Pamela BACKMAN-VARGAS, politologue, université de Wageningen, Pays-Bas.

Noé BENTÉ, écologue marin, unité mixte de recherche « Marine biodiversity, exploitation and conservation » (UMR Marbec), Institut de recherche pour le développement (IRD), France.

Arnaud BERTRAND, écologue marin, UMR Marbec, IRD, France.

Adeline BIDAULT, écologue marin, laboratoire des sciences de l'environnement marin (Lemar), Centre national de la recherche scientifique (CNRS), France.

Odeline BILLANT, juriste en droit de l'environnement, Lemar, université de Bretagne occidentale (UBO), France.

Marie BONNIN, juriste en droit de l'environnement, Lemar, IRD, France.

Timothée BROCHIER, océanographe, unité de modélisation mathématique et informatique des systèmes complexes (Ummisco), IRD, Ucad, Sénégal.

Adrien BRUNEL, mathématicien et statisticien pour l'écologie marine, Marbec, IRD, France.

Xavier CAPET, océanographe physicien, laboratoire d'océanographie et du climat : expérimentations et approches numériques (Locean), Institut Pierre-Simon-Laplace (IPSL), France.

Ana CARVALHO, biologiste, Centre de la mer, université de Lisbonne, Portugal.

Daniela CASIMIRO, biologiste, Centre de la mer, université de Lisbonne, Portugal.

Aurélie CHAMBOUVET, écologue marin, Lemar, CNRS, France.

Katiuscia DA SILVA LEITE NOURY, juriste de l'environnement, Centre pour l'étude du droit de la mer « Vicente Marotta Rangel » (Cedmar-USP), Brésil.

Patricia Mirella DA SILVA, écologue marin, université fédérale de Paraíba, Brésil.

Luc DESCROIX, hydrologue, UMR « Patrimoines locaux, environnement & globalisation » (Paloc), IRD, France.

Michel DESSE, géographe, UMR « Littoral - Environnement - Télédétection - Géomatique » (LETG), Nantes Université, France.

Eurico DE LIMA FIGUEIREDO, chercheur en études stratégiques et relations internationales, université fédérale Fluminense (UFF), Brésil.

Mohamed DIEDHIOU, juriste de l'environnement, Ucad, Sénégal.

Malick DIOUF, biologiste marin, Ucad, Sénégal.

Gilles DOMALAIN, écologue marin, IRD, Marbec, France.

Mauricio DUARTE, juriste de l'environnement, université Mackenzie de Sao Paulo, Brésil.

Carolina DUTRA, juriste de l'environnement, université Mackenzie de Sao Paulo, Brésil.

Awa N. FALL, géographe, Ucad, Sénégal.

Alexis FOSSI, expert en halieutique, Pesc'art, France.

Philippe FOTSO, juriste de l'environnement, Lemar, IRD, France.

Florence GALLETI, juriste en droit de la mer, Marbec, IRD, France.

Alessandre GIORGIS, écologue marin, Marbec, IRD, France.

José GUERREIRO, biologiste, Centre de la mer, université de Lisbonne, Portugal.

Thierry GUINEBERTEAU, géographe, LETG, université de Nantes, France.

Hélène HÉGARET, biologiste marin, Lemar, CNRS, France.

Alioune KANE, géographe, Ucad, Sénégal.

Xander KEIJSER, politologue, université de Wageningen, Pays-Bas.

Christophe LAMBERT, écologue marin, Lemar, CNRS, France.

Sophie LANCO BERTRAND, écologue marin, Marbec, IRD, France.

Nelly LE GOÏC, écologue marin, Lemar, CNRS, France.

Matthieu LE TIXERANT, géographe, Terra Maris, France.

Anne LEBOURGES-DHAUSSY, écologue marin, acousticienne, Lemar, IRD, France.

Ibrahima LY, juriste de l'environnement, Ucad, Sénégal, France.

Éric MACHU, biogéochimiste marin, Laboratoire d'océanographie physique et spatiale (Lops), IRD, France.

Andrei Felix MENDES, écologue marin, université fédérale Paraiba, Brésil.

Ivanice MONTEIRO, écologue marin, Institut de la mer (Imar), Cabo Verde.

Souleye NDAO, juriste de l'environnement, Ucad, Sénégal, France.

Fatou NDIAYE, juriste de l'environnement, Ucad, Sénégal, France.

Mamadou Bassirou NDIAYE, juriste de l'environnement, Ucad, Sénégal, France.

Gaye NDICKOU, géographe, Ucad, Sénégal.

Siny NDOYA, océanographe physicien, École supérieure des sciences et techniques de l'ingénieur (Esti), université Amadou Mahtar Mbow, Sénégal.

Awa NIANG, géographe, Ucad, Sénégal.

Laurent POURINET, géographe, LETG, CNRS, université de Nantes, France.

Betty QUEFFELEC, juriste, UMR « Aménagement des usages des ressources et des espaces marins et littoraux » (Amure), UBO, France.

Ramos Fernando QUEIROGA, écologue marin, université fédérale Paraiba, Brésil.

Olivier RAGUENEAU, écologue marin, sciences de la soutenabilité, Lemar, CNRS, France.

Vito RAMOS MELO, écologue marin, Imar, Cabo Verde.

Alexandre ROCHA VIOLANTE, chercheur en études stratégiques et relations internationales, Institut d'études stratégiques, UFF, Brésil.

Juan C. RODRIGUEZ, géographe, université de Séville, Espagne.

Mauricio Duarte dos SANTOS, juriste de l'environnement, université Mackenzie de Sao Paulo, Brésil.

Aïchetou SECK, géographe, Ucad, Sénégal.

Osvaldina SILVA, économiste, université technique de l'Atlantique, Cabo Verde.

Périclès SILVA, écologue marin, Imar, Cabo Verde.

Philippe SOUDANT, biologiste marin, Lemar, CNRS, France.

Juan-Luis SUARES DE VIVERO, géographe, université de Séville, Espagne.

Solange TELES DA SILVA, juriste de l'environnement, université Mackenzie de Sao Paulo, Brésil.

Yoann THOMAS, écologue marin, Lemar, IRD, France.

Hilde TOONEN, politologue, université de Wageningen, Pays-Bas.

Rui TROMBETA, écologue marin, université de Brasilia, Brésil.

Brice TROUILLET, géographe, LETG, université de Nantes, France.

Etiene VILLELA MARRONI, géographe, université de Séville, Espagne.

Martin ZIMMER, écologue marin, Centre Leibniz pour l'écologie marine tropicale (ZMT), Allemagne.

Liste des acronymes

ACP : Afrique-Caraïbes-Pacifique
 AfCFTA : African Continental Free Trade Area
 AIS : *Automatic identification system*
 AMERB : Áreas de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos (Chili)
 AMP : Aires marines protégées
 Anam : Agence nationale des affaires maritimes (Sénégal)
 Anat : Agence nationale de l'aménagement du territoire (Sénégal)
 Angil : Autorité nationale de gestion intégrée du littoral (Sénégal)
 ANR : Agence nationale de la recherche (France)
 ANSD : Agence nationale de la statistique et de la démographie (Sénégal)
 ANTAQ : Agence nationale des transports fluviaux (Brésil)
 ANM : Agence nationale des mines (Brésil)
 ANP : Agence nationale du pétrole, du gaz naturel et des biocarburants (Brésil)
 APA : Area de Proteção Ambiental
 APP : Accord de partenariat dans le domaine de la pêche
 APPD : Accords de partenariats de pêche durable
 ASC : Aquaculture Stewardship Council
 ASP : *Amnesic shellfish poisoning*
 BAP : *Best aquaculture practices*
 BLM : *Boundary length modifier*
 Brics : Brésil, Russie, Inde, Chine et Afrique du Sud
 Capas : Centre d'aide à la pêche artisanale sénégalaise
 Camp : Centre d'aide à la motorisation des pirogues
 CBD : Convention sur la diversité biologique
 CCADT : Commission communale d'aménagement et de développement territorial (Sénégal)
 CCSBT : Commission for the Conservation of Southern Bluefin Tuna
 CDADT : Commission départementale d'aménagement et de développement territorial (Sénégal)
 CDE : Code du domaine de l'État
 CE : Commission européenne
 Cedeao : Communauté économique des États de l'Afrique de l'Ouest
 Ceeac : Communauté économique des États de l'Afrique centrale

Cemac : Communauté économique et monétaire de l'Afrique centrale
 CEMZA : Exclusive Maritime Zone for Africa
 CF : Caractéristique de conservation
 CGG : Commission du golfe de Guinée
 Ciat : Conseil interministériel de l'aménagement du territoire (Sénégal)
 Cices : Classification internationale commune des services écosystémiques
 CLPA : Conseils locaux de pêche artisanale (Sénégal)
 CSE : Centre de suivi écologique (Sénégal)
 CIRM : Commission interministérielle des ressources de la mer (Brésil)
 CNADT : Commission nationale de l'aménagement et du développement territorial (Sénégal)
 CNPS : Comité national des pêcheurs sénégalais
 CNUDM : Convention des Nations unies sur le droit de la mer
 COFI : Commmittee on Fisheries
 COI : Commission océanographique intergouvernementale
 Comhafat : Convention régionale sur la coopération halieutique entre les États africains riverains de l'océan Atlantique
 Corep : Commission régionale des pêches du golfe de Guinée
 CONAMA : Conseil national sur l'environnement (Brésil)
 Coopmer : Coopérative sénégalaise d'apport et de distribution des produits de la mer
 COS : Center for Ocean Solutions
 CPADT : Conseil présidentiel de l'aménagement et du développement territorial (Sénégal)
 CPLP : Communauté des pays de langue portugaise
 CPRM : Compagnie de prospection de ressources minières (Brésil)
 CRODT : Centre de recherche océanographique Dakar-Thiaroye
 CSV : *Coma separated values*
 CV : Chevaux-vapeur
 DAMCP : Direction des aires marines et communautaires protégées (Sénégal)
 DEEC : Direction de l'environnement et des établissements classés (Sénégal)
 DGEM : Direction générale de l'économie maritime (Cabo Verde)
 DGL : Division « gestion du littoral »
 DGRM : Direction générale des ressources maritimes (Cabo Verde)
 DICAPI : Dirección General de Capitanías y Guardacostas (Pérou)
 DNA : Direction nationale de l'environnement (Cabo Verde)
 DPM : Direction des pêches maritimes (Sénégal)
 DPSP : Direction de la protection et de surveillance des pêches (Sénégal)
 DSP : *Diarrheic shellfish poisoning*
 ECO : Ensemble contre les ordures
 EES : Évaluation environnementale stratégique
 EFS : Éléments français au Sénégal
 EIE : Étude d'impact environnemental
 Emar : Escola do Mar (Cabo Verde)
 ENSO : *El Niño Southern Oscillation*
 ETM : Éléments traces métalliques
 FAO : Food and Agriculture Organization
 FCWC : Fishery Committee for the West Central Gulf of Guinea
 FED : Fonds européen de développement

FPSO : *Floating Production Storage and Offloading*
 GAA : Global Aquaculture Alliance
 Gaïpes : Groupement des armateurs et industriels de la pêche au Sénégal
 GCWSR : Gold Coast World Surfing Reserve (Australie)
 GE : Google Earth
 GEBCO : General Bathymetric Chart of the Ocean
 Giec : Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
 GI-Gerco : Groupe d'intégration de la gestion côtière
 Gire : Gestion intégrée des ressources en eau
 GIZC : Gestion intégrée des zones côtières
 HAB : *Harmful algal blooms*
 HAP : Hydrocarbures aromatiques polycycliques
 Hassmar : Haute Autorité chargée de la coordination de la sécurité maritime, de la sûreté maritime et de la protection de l'environnement marin
 HM : Haute mer
 IA : Intelligence artificielle
 IBA : *Important bird and biodiversity areas*
 IBAMA : Instituto brasileiro do meio ambiente e dos recursos naturais renováveis
 Icaat : International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas
 ICMBio : Institut Chico Mendes de conservation de la biodiversité (Brésil)
 ICSF : International Collective in Support of Fishworkers
 IEVP : Instrument européen de voisinage et de partenariat
 IGBP : International Geosphere-Biosphere Programme
 IHDP : International Human Dimensions Programme
 ILP : *Integer Linear Programming*
 Imar : Instituto do Mar (Cabo Verde)
 IMP : Institut maritime et portuaire (Cabo Verde)
 INDP : Institut national pour le développement de la pêche (Cabo Verde)
 INE : Instituto nacional de Estatística (Cabo Verde)
 INGT : Institut national de la gestion du territoire (Cabo Verde)
 INN : Illicite, non déclarée, non réglementée
 IPCC : Intergovernmental Panel on Climate Change
 Isra : Institut sénégalais de recherches agricoles
 IUEM : Institut universitaire européen de la mer
 KAN : *Knowledge action networks*
 LOADT : Loi d'orientation pour l'aménagement et le développement durable des territoires
 MMA : Ministère de l'Environnement (Brésil)
 NAO : *North Atlantic Oscillation*
 NASC : Nautical Area Scattering Coefficient
 NE : Nordeste (Brésil)
 NOAA : National Oceanic and Atmospheric Administration
 NZCPS : New Zealand Coastal Policy Statement
 OAD : Outils d'aide à la décision
 ODD : Objectifs de développement durable
 OIE : Office international des épizooties
 Onas : Office national de l'assainissement du Sénégal
 ONG : Organisation non gouvernementale

ONT : Observatoire national des territoires (Sénégal)
 Opec : Organisation des pays exportateurs de pétrole
 Otan : Organisation du traité de l'Atlantique Nord
 Otas : Organisation du traité de l'Atlantique Sud
 Paddle : Planning in a liquid world with tropical stakes
 PAF : Plan d'action fédéral
 PAF-ZC : Plan d'action fédéral pour la zone côtière
 PAG : Plan d'aménagement et de gestion
 PALOP : Países africanos de língua oficial portuguesa
 PCB : Polychlorobiphényles
 PCE : Plateau continental étendu
 PDO : *Pacific Decadal Oscillation*
 PEGC : Plan étatique de gestion des zones côtières
 PEM : Planification de l'espace maritime
 PEV : Politique européenne de voisinage
 PGI : Plan de gestion intégrée du littoral
 PIB : Produit intérieur brut
 PMGC : Plan municipal de gestion des zones côtières
 PNADT : Plan national d'aménagement et de développement territorial
 PNAT : Plan national d'aménagement du territoire
 PNB : Produit national brut
 PNBA : Parc national du Banc d'Arguin
 PNCMar : Politique nationale pour la conservation et l'utilisation durable du biome marin brésilien
 PNGC : Plan national de gestion du littoral
 Pnieb : Plan national d'investissement en faveur de l'économie bleue
 Pnium : Plan national d'interventions d'urgence en mer
 PNMA : Politique nationale de l'environnement
 PNRM : Politique nationale pour les ressources de la mer
 POOC_C : Plano de ordenamento da orla costeira e do mar adjacente
 POP : Polluants organiques persistants
 PPP : Petits poissons pélagiques
 PRCM : Programme régional de conservation de la zone côtière et marine en Afrique de l'Ouest
 Promeb : Programme de promotion de l'économie bleue
 PSDA : Plan stratégique de développement de l'aquaculture
 PSE : Plan Sénégal émergent
 PSM : Planification spatiale marine
 PSRM : Plan sectoriel pour les ressources marines
 PSP : *Paralytic shellfish poisoning*
 PSRM : Plan sectoriel pour les ressources maritimes
 QGIS : Quantum Geographic Information System
 RBDS : Réserve de biosphère du delta du Saloum
 RENARO : Registro Nacional de Rompientes (Pérou)
 RISE : Research and Innovation Staff Exchange
 RMA : Resource Management Act
 RQA-ZC : rapport sur la qualité de l'environnement des zones côtières
 SAPEA : Science Advice for Policy by European Academies

Scua : Stratégie commune UE-Afrique
 SEAFO : South East Atlantic Fisheries Organisation
 SEMA : Secrétariat spécial pour l'environnement (Brésil)
 SHS : Sciences humaines et sociales
 SIGERCO : système d'information de gestion des zones côtières
 SISNAMA : Système national de l'environnement
 SLOSS : *Single large or several small*
 SMA : système de surveillance environnementale de la zone côtière (Brésil)
 SMHPM : Société mauritanienne des hydrocarbures et du patrimoine minier
 SN : Sciences de la nature
 Snuc : Système national des unités de conservation
 SRFC : Commission sous-régionale des pêches
 STS : *Science and technology studies*
 STW : Save the Waves
 TAGP : Termo de Adesão a Gestão de Praias
 TJB : Tonneaux de jauge brute
 TNC : The Nature Conservancy
 TNI : Transnational Institute
 TSM : Température de surface de la mer
 UC : Unité de conservation
 UE : Union européenne
 Uemoa : Union économique et monétaire ouest-africaine
 UNCLOS : United Nations Convention on the Law of the Sea
 Unesco : United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
 UP : Unité de planification
 Upames : Union patronale des mareyeurs-exportateurs du Sénégal
 USAID : U.S. Agency for International Development
 UTA : Université technique de l'Atlantique (Cabo Verde)
 VMS : *Vessel Monitoring System*
 WACA : West Africa Coastal Areas
 WASCAL : West African Science Service Center on Climate Change and Adapted Land Use
 WFFP : World Forum of Fisher People
 WP : *Work package*
 WSR : World Surfing Reserve
 WWF : World Wildlife Fund
 ZAP : Zone d'aménagement prioritaire
 ZCIT : Zone de convergence intertropicale
 ZEE : Zone économique exclusive
 ZEEC : Zonage écologique économique côtier
 ZEEMSV : Zona económica especial marítima em São Vicente
 Ziara : Zones d'immersion de récifs artificiels
 Zopacas : Zone de paix et de coopération de l'Atlantique Sud
 ZPP : Zones de pêche protégées
 ZUS : Zones urbaines sensibles

Aménager les usages de l'espace marin pour réduire les tensions entre les activités humaines et la santé des écosystèmes marins, telle est la promesse de la planification spatiale marine. Le défi est d'ampleur tant les océans cristallisent aujourd'hui des intérêts toujours plus nombreux, variés et complexes, au carrefour d'enjeux de conservation de la biodiversité, de régulation du changement climatique, de développement économique et de sécurité alimentaire.

S'inscrivant dans le champ des sciences de la durabilité, cet ouvrage vise à explorer de manière interdisciplinaire les opportunités et les limites de la planification spatiale marine, actuellement développée dans des pays du Nord, dans de possibles déclinaisons tropicales, plus particulièrement au Brésil, au Sénégal et au Cabo Verde.

Face à un océan commun, les différents chapitres montrent d'une part, comment les communautés d'acteurs doivent transcender les regards disciplinaires et faire converger intelligences et connaissances pour avancer vers un objectif partagé de durabilité. Et d'autre part, la manière dont le développement de cette intelligence collective dans les recherches sur les écosystèmes marins tropicaux se positionne dans le cadre d'enjeux locaux, étatiques et internationaux en s'appuyant sur le développement d'outils interdisciplinaires et innovants.

À l'usage des décideurs, des chercheurs, et plus généralement de tout usager des espaces marins, cet ouvrage met en lumière les points de vigilance à considérer lors de la mise en place d'une démarche de planification spatiale marine.

Marie Bonnin est juriste en droit de l'environnement, directrice de recherche à l'IRD et membre de l'UMR Lemar, en poste à l'Institut universitaire européen de la mer (IUEM). Elle s'intéresse à la protection de l'environnement marin par le droit et à l'applicabilité et l'effectivité des règles de droit protectrices de l'environnement.

Sophie Lanco Bertrand est écologue marine, directrice de recherche à l'IRD, membre de l'UMR Marbec. Elle s'intéresse à la façon dont les oiseaux, les poissons, les mammifères et les pêcheurs occupent l'espace en mer, afin d'évaluer si des règles d'aménagement des activités humaines en mer, comme la planification spatiale marine, pourraient permettre une meilleure cohabitation entre organismes marins et hommes afin de garantir un équilibre durable des socio-écosystèmes marins.



ISBN : 978-2-7099-2971-4